ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MARS 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Les ponces dacitiques flottant sur l'Océan, entre les Fiji, les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. **ALFRED LACROIX.**

Au cours d'une croisière en Mélanésie, notre regretté Correspondant Johannes Schmidt a rencontré des ponces flottant à la surface de l'Océan, au NE des îles Fiji. Son collaborateur, M. A. F. Bruun, a bien voulu m'en communiquer des fragments, accompagnés des notes ci-jointes :

N° 1. — DANA, Station n° 3592, 9 novembre 1928, 177°43′ W–15°56′ E. Dans l'après-midi, on vit une grande quantité de ponces flottantes de la grosseur du poing. Elles flottaient en longues bandes irrégulièrement distribuées; beaucoup portaient des *Lepas* (sorte de Crustacés cirripèdes).

N° 2. — DANA, Station n° 3593, 10 novembre 1928, 179°33′ W-17°27′ E. Ponces dans les filets de pêche [très petits fragments arrondis].

Toutes ces ponces sont identiques, grises, fragiles, très riches en petites bulles gazeuses, arrondies par frottement mutuel; le plus gros fragment du n° 1 a environ 1^{cm} de diamètre; ceux du n° 2 n'ont que de 1 à 2^{mm}.

L'examen microscopique ne montre, dans un verre brunâtre bulleux renfermant de longs microlites de pyroxène et de plagioclases, que quelques microphénocristaux, groupés ophitiquement, de plagioclases zonés (75 à 55 °/₀ d'anorthite), de pigeonite. L'analyse 1 conduit aux paramètres II.3(4).3′.4′. Ce sont ceux d'un *dacitoide andésinique*, à la limite du type labradorique.

Le problème de l'origine, posé dans ma Note précédente [1], est ici d'une solution assez facile.

L'archipel Tonga se trouve à l'Ouest d'une profonde fosse sous-marine, constituant la limite de l'Océan Pacifique central austral, tel qu'on peut le définir pour l'étude des volcans de cette partie du monde [2]. Au delà, du côté de l'Est, se trouvent les volcans du type *intrapacifique* dont il a été question dans la Note à laquelle je viens de faire allusion.

En deçà, du côté de l'Ouest, les volcans qui ne manquent pas appartiennent au type *circumpacifique;* la composition chimique des ponces dont je m'occupe ici, tout aussi bien que leur composition minéralogique, les rattache à ce dernier type. Les courants qui les entraînent se dirigeant vers l'Ouest, leur origine ne peut pas être lointaine, mais elle ne doit pas être cherchée du côté de l'Archipel de Samoa, où il existe un volcan actif, car celui-ci (Savaii) est basaltique, et l'archipel tout entier se rattache au type intrapacifique. Il faut, par suite, regarder plus au Sud, entre l'archipel Fiji et l'archipel Tonga.

Les Tonga seules ont été le siège de manifestations volcaniques récentes; par exemple, Métis (Fonuafooa) (174°51′ W-19°11′ S) entre 1781 et 1894; entre Tonga et Hapai (1874), et enfin le haut-fond Falcon (175°21′30″ W-20°19′ S), de 1865 à 1929.

Or, d'après une récente statistique de M. Neumann von Padang [3], le 17 avril 1928, du banc de Falcon a surgi une île qui, le 26 août suivant, a été le siège d'un paroxysme explosif, avec violentes projections de matériaux pyroclastiques incandescents.

La comparaison de cette date et de celle de la récolte de ponces par J. Schmidt, à 500 ou 600^{km} plus au NW, ne laisse guère de doute sur la provenance de ces produits volcaniques. Pour que la démonstration fût complète, il faudrait avoir l'analyse de la lave de cette nouvelle île recueillie sur place; or sur la constitution lithologique de celle-ci on sait seulement que, lors d'une éruption antérieure (1886), des explosions ont projeté des bombes d'andésite augitique, mais celle-ci n'a été ni analysée ni décrite en détail.

De l'observation de Schmidt, je rapproche la suivante : en 1936,

---

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 609.

(2) Cf. la carte jointe à mon Mémoire *La composition lithologique des volcans du Pacifique central austral* (*Mém. Acad. Sc.*, 59, 1927).

(3) Cf. p. 93 de ce travail, cité *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 611 [note (2)].

M. Aubert de La Rüe a rapporté d'une mission dans une autre région du même océan, les Nouvelles-Hébrides ([4]), des fragments de ponce qui, du point de vue de leur morphologie et de leur composition minéralogique, ne peuvent être distingués de celle qui vient d'être décrite.

Ces petites ponces grises, toujours très roulées, ne dépassant pas en général 2 à 4^{cm} de diamètre et atteignant exceptionnellement la grosseur du poing, s'observent en grande abondance le long des côtes basses de la plupart des îles coralliennes de l'archipel néo-hébridais. Dans l'ensemble, ces dépôts paraissent plus importants le long des côtes est et sud (direction de l'alizé). Ils peuvent avoir 1^{m} d'épaisseur et une largeur de plusieurs dizaines de mètres. Les dépôts les plus volumineux, sinon les plus étendus, paraissent être ceux de la petite île Aniwa, dans le sud du groupe (analyse 2); j'ai vu les mêmes ponces recueillies sur le rivage de l'île Malekula.

Des ponces identiques ont été vues, par le même voyageur plus au Sud, sur les côtes de la Nouvelle Calédonie et en particulier le long de la baie de Ploum (S.-E. de Nouméa) et au pied des falaises de l'île Walpole, située au S.-E. de la même colonie.

La distance de l'île Falcon à la Nouvelle-Calédonie (à l'entrée du canal de Havannah, S.-E. de l'île) est de 980 milles (1815^{km}), celle de Falcon (à la pointe de l'île Épi, centre de l'archipel des Nouvelles-Hébrides) est de 940 milles (1741^{km}).

M. Aubert de La Rüe n'a pas vu lui-même de radeaux de ces ponces flotter sur la mer, mais des colons lui ont dit en avoir observé à diverses reprises.

Les échantillons recueillis par lui étant plus nombreux et de plus grandes dimensions que ceux de Schmidt ont pu être étudiés avec plus de détails. Les plagioclases sont les mêmes, maclés suivant les lois de l'albite et de Carlsbad. L'angle 2V de la pigeonite est variable et tend vers 0°. Ces deux minéraux renferment des inclusions irrégulières de verre brunâtre.

L'analyse 2 fait voir l'absolue identité chimique des ponces recueillies à l'île Aniwa et de celles de l'analyse 1. Il n'y a donc pas de doute sur leur commune origine.

On ne peut pas les rapporter à l'un des volcans actifs, d'ailleurs non sous-marins, des Nouvelles-Hébrides, car la lave de celui de Yasowa (île Tanna), est une *andésite* α (analyses 3 et 4), et la lave de celui

---

([4]) *Bull. volcanologique* Napoli, (2), 2, 1937, p. 79-142.

d'Ambrym, un *basalte labradorique* β (analyse 5); ces deux volcans fournissent aussi des ponces légères; elles sont de couleur noire.

Analyses par M. Raoult (1 *à* 4), *par Boiteau* (5).

1. Dacitoïde andésinique (ponce).	177° 43′ — 15° 56′ S....	II. 3 (4).3′.4′ [(1) 2.1.2.4]
2. Dacitoïde andésinique (ponce).	Côte d'Aniwa.........	II. 3 (4).3′.4′ [1 (2).1.2.4]
3. Andésite (α) andésinique porphyrique à plagioclases (3).	Volc. Yasowa, île Tanna.	II. 5.3.4 [2′.1.2.3]
4. Andésite (α) vitreuse (obsidienne capillaire).........	Volc. Yasowa, île Tanna.	II. 5.3.4 [2.1.2.3′]
5. Scorie de basalte (β) labradorique (5)...................	Benbow, Volc. d'Ambrym (1913)........	II (III). 5.3′.4 [2.2.2′.3]

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2..........	64,82	65,84	53,94	55,20	49,26
Al^2O^3..........	11,95	12,02	19,12	18,36	17,18
Fe^2O^3..........	1,53	1,05	4,03	1,83	5,47
FeO..........	8,16	8,25	4,21	6,25	6,10
MnO..........	0,15	0,13	0,12	0,12	n. d.
MgO..........	1,19	1,29	2,91	2,59	4,28
CaO..........	6,54	6,22	8,36	7,94	10,78
Na^2O..........	2,64	2,66	3,93	3,76	3,20
K^2O..........	0,85	0,77	2,41	2,31	1,76
TiO^2..........	0,78	0,76	0,94	1,26	0,87
P^2O^5..........	tr.	tr.	0,19	tr.	0,37
H^2O+..........	1,16	0,84	0,07	0,18	0,90
H^2O-..........	0,20	0,16	0,05	0,26	0,12
	99,97	99,99	100,28	100,06	100,29
SiO^2 libre.....	27,84	28,86	1,50	2,82	–
An pour 100...	45	45	45	45	51
Σb..........	25,3	24,4	23,8	25,0	34,5

En terminant, je reviendrai sur un point insuffisamment précisé de ma Note précédente. J'ai indiqué (6) que les appareils des volcans sous-marins, uniquement édifiés par l'accumulation de matériaux pyroclastiques, n'ont qu'une existence éphémère, car ils ne peuvent résister longtemps à l'assaut de la houle; et par suite si l'éruption n'a pas eu de témoins, il ne reste aucune trace de l'éphémère volcan. J'ai voulu dire aucune trace *visible au-dessus du niveau de la mer;* car la partie subaérienne disparue n'est que le sommet

(5) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 489.
(6) Cf. dans le présent tome, la page 610.

d'un cône de débris dont la base repose sur le fond de la mer. Lorsque ce sommet a été complètement arasé, la houle attaque la partie submergée jusqu'au niveau où son action est impuissante à déplacer les matières pyroclastiques. Cette partie invisible du volcan est devenue alors un haut-fond, parfois même un écueil, comme celui de Graham, couvert seulement de 8^m d'eau qui, dans la Méditerranée, est un reste de l'ancien volcan Julia, dont l'embase se trouve à une profondeur de 100 à 150^m.

Il est utile d'insister davantage sur un autre exemple, celui de l'île des Cendres, car il a été minutieusement étudié par l'ingénieur hydrographe P. Marti ([7]), à l'aide des méthodes de sondage par ultra-sons, qui l'ont conduit à préciser les détails morphologiques de l'ensemble du cône basaltique, reposant sur un fond d'une centaine de mètres.

La tête du haut-fond se trouve actuellement à 27^m au-dessous du niveau moyen de la mer; c'est la limite, en ce point, de l'action érosive de la houle. Elle est sensiblement circulaire et plate, formée par de petites scories noires. Le diamètre de l'embase est d'environ 800^m, la pente, en certains points, de 45°. A 2^{km} vers l'Est et à quelques kilomètres dans le Sud, M. Marti a constaté la présence de trois autres cônes, à tous égards identiques au précédent, et qui ont la même origine, mais ils sont plus anciens, car ils sont couverts de Coraux et d'Algues.

Cette observation méritait d'être rappelée, car elle a un vif intérêt, en montrant que la morphologie de ces cônes basaltiques sous-marins est la même que celle des puys subaériens, et il est bien vraisemblable que cette conclusion doit être généralisée.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur un soi-disant principe actif du curare.* Note de M. Louis Lapicque.

Il y a sept semaines, M. de Berredo Carneiro publiait ici sous le titre *Curarisation et Chronaxie* une Note ([1]) affirmant que le principe actif du curare, tel qu'isolé par lui, paralyse la Grenouille sans supprimer l'excitabilité du muscle par le nerf et que, d'ailleurs, il en est de même pour le

([7]) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 45 et *Revue hydrographique*, publiée par le *Bureau hydrographique international*, Monaco, 7, 1930, p. 76.

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 382.

curare. Cette assertion est en contradiction formelle avec toutes les recherches sur le curare depuis Claude Bernard; bien plus, telle qu'elle était présentée, elle serait inconciliable avec tout ce que nous savons de l'influx nerveux. L'auteur s'était parfaitement rendu compte de l'antinomie entre ses résultats et la Physiologie classique; en conséquence de quoi, il proposait de réviser celle-ci.

Il m'a paru nécessaire de formuler sur le champ une réserve doctrinale. Aujourd'hui, grâce à la loyale courtoisie de M. de Berredo Carneiro, je crois avoir élucidé expérimentalement une série de menues erreurs par lesquelles il est arrivé à des résultats illusoires.

L'auteur a bien voulu répéter ses expériences sous mes yeux. En outre, il m'a remis un échantillon de sa *strychnoléthaline*, donnée comme principe actif du curare, et j'ai pu à loisir reprendre l'essai de cette substance à mon laboratoire avec le concours de Mme Lapicque, très habituée aux substances curarisantes. Sans faire une étude pharmacodynamique complète, voici ce que nous avons constaté.

Sur la Grenouille paralysée par ce poison, à dose limite ou même plus forte, les muscles restent parfaitement excitables par leurs nerfs. Sur ce point, nous sommes d'accord avec l'auteur. Mais la chronaxie des muscles (gastrocnémiens) n'est pas grandement augmentée, comme il le dit, elle est au contraire diminuée, ainsi d'ailleurs que la chronaxie nerveuse correspondante. J'ai vu M. Carneiro trouver sur de tels muscles les chronaxies 10 fois plus grandes qu'il a reproduites dans sa Note. Mais, reprenant sur les mêmes muscles la mesure avec la technique que j'ai étudiée spécialement pour le gastrocnémien [2], ou de même avec l'appareillage de l'auteur, en corrigeant simplement quelques détails malencontreux, j'ai obtenu les résultats que je viens de dire. Donc le couple nerf-muscle ne s'écarte que peu de l'isochronisme; la transmission, après empoisonnement par la strychnoléthaline, est conforme et non contraire à la loi que j'ai formulée.

Cette question, pour ainsi dire latérale, étant réglée, il paraît indiqué d'expliquer la paralysie par une action du poison sur les centres nerveux. Mais ce qui caractérise le curare, c'est d'agir périphériquement. Claude Bernard l'a démontré en interrompant la circulation des membres postérieurs; ceux-ci échappent alors à l'action du poison injecté dans l'avant-train. Telle est l'épreuve primordiale qui a convaincu M. Carneiro que sa substance était bien curarisante. Et en effet, il m'a fait voir l'expérience de Cl. Bernard répétée avec la strychnoléthaline et donnant plus ou moins nettement le même résultat, à savoir les membres antérieurs paralysés

---

[2] *C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 620.

tandis que les pattes postérieures sont encore actives. Nous avons retrouvé ce résultat de notre côté, et j'avoue en avoir été embarrassé. Qu'est-ce que pourrait être un empoisonnement périphérique arrêtant l'influx nerveux provenant des centres et n'arrêtant pas l'effet d'une stimulation expérimentale du tronc nerveux? C'est de là que l'auteur en était venu à se demander, si le processus physiologique de l'excitation ne diffère pas essentiellement de la stimulation électrique. Mais le contrôle suivant a entièrement déplacé le problème; injectant de la même façon les mêmes doses de strychnoléthaline à des Grenouilles sur lesquelles on n'avait effectué aucune interruption de circulation, nous avons vu les phénomènes se dérouler exactement suivant le même scénario. Nous avons fait cette épreuve sur une demi-douzaine de grenouilles, avec un résultat toujours de même sens; abandonnées à elles-mêmes, elles restaient totalement inertes et, à un moment donné, répondaient au pincement d'un membre antérieur, non par une réaction de ce membre ni de son symétrique, mais par des mouvements plus ou moins amples des membres postérieurs. L'un de ces sujets même, a présenté le phénomène d'une façon plus éclatante qu'aucun des sujets ayant subi la ligature lombaire.

Il s'agit donc certainement d'une action nerveuse centrale. D'ailleurs, pendant que l'intoxication se développe vers la paralysie, nous avons souvent remarqué des phénomènes convulsifs plus ou moins manifestes. Et une fois que l'animal ne donne même plus de réaction au pincement, il est encore possible, pendant des heures, de provoquer par succussion (choc sur la table), des mouvements brusques dans les muscles postérieurs, parfois des crampes comme dans l'intoxication strychnique. Une action pharmacodynamique de ce genre est susceptible d'agir préférentiellement sur telle ou telle partie de l'axe encéphalomédullaire; ici, par exemple, il nous a semblé que l'état convulsif était plus marqué lorsque l'encéphale avait été mis hors de cause par écrasement du bulbe. Nous n'avons pas poussé l'analyse de cette action nerveuse, mais il n'y a pas de difficulté à lui attribuer la différence entre membres antérieurs et postérieurs, différence qui d'ailleurs n'est pas absolue, avec ou sans ligature.

En tous cas, la ligature de Cl. Bernard est hors de cause, et il ne reste plus rien de paradoxal dans le fait que les nerfs moteurs sont restés efficients dans le nerf paralysé.

Mais M. Carneiro disait avoir observé cette efficience après paralysie totale, même avec un curare authentique, classiquement éprouvé. Et en effet, il nous a montré cette expérience avec la même bonne foi et le même

succès apparent que pour les précédentes. Deux grenouilles avaient été curarisées à la limite nécessaire pour abolir tout mouvement, limite soigneusement assurée par pesée des sujets et injection bien mesurée de solutions préalablement étalonnées. Lorsque les sujets furent totalement privés de mouvement, le gastrocnémien fut mis à nu, isolé dans sa partie inférieure et le sciatique chargé sur un excitateur, afin d'en mesurer la chronaxie; sans difficulté on trouva une rhéobase, puis une chronaxie nerveuse, à la manière odinaire, en observant le muscle.

La chronaxie, en centièmes de μF sur 10 000 ω, était de 5 environ pour le nerf, aux alentours de 10 pour le muscle. Pour celui-ci, M. Carneiro avait d'abord trouvé 50; en recommençant suivant mes indications, il trouva lui-même 10 et 11. Ce rapport des chronaxies est bien celui de la curarisation limite.

Mais le muscle est encore excitable, puisque c'est par lui qu'on a jugé l'excitation du nerf. C'est que, suivant la manière ordinaire, on a mesuré cette excitation au seuil, c'est-à-dire en prenant comme test la plus petite réaction perceptible dans le muscle. Celle-ci est souvent une légère déformation de la surface en un point du muscle (c'était le cas ici); en tous cas, c'est fatalement, en vertu de la loi du tout ou rien, la contraction d'un très petit nombre de fibres musculaires. Mais sur un muscle normal, dès qu'on accroît la stimulation, soit en intensité, soit en durée si l'on est à la chronaxie, la réaction se généralise, et bientôt c'est le muscle tout entier qui tressaute.

Pour les grenouilles empoisonnées à la strychnoléthaline, il en était bien ainsi; mais, pour les grenouilles empoisonnées au curare, l'accroissement de stimulation, quel qu'il fût, ne provoqua qu'un accroissement insignifiant de la réponse; d'aucune manière il ne fut possible d'obtenir, par le nerf, une réponse du muscle suffisante pour rétracter le tendon qui reposait librement sur la planchette de support. Il ne restait donc qu'un très petit nombre de fibres excitables par le nerf. Sur la population de plusieurs milliers de fibres constituant un muscle, on comprend que les individus ne soient pas rigoureusement identiques, ne s'empoisonnent pas rigoureusement pour la même dose et dans le même temps. Déterminer par la paralysie le seuil de l'empoisonnement, c'est chercher le point où le nombre des fibres ayant résisté devient trop petit pour avoir la force de déplacer un segment de membre; mais sur le muscle à nu, la contraction de ces quelques fibres devient visible; que celles-là répondent encore à la stimulation du nerf, cela se comprend, et cela ne signifie rien pour la question générale.

Nous avons répété pour la strychnoléthaline un test classique de la curarisation, test par lequel Cl. Bernard démontrait avec plus de précision que par la ligature lombaire la localisation périphérique de l'empoisonnement. Soient deux préparations tirées des deux membres symétriques du même animal, comprenant chacune un muscle avec son nerf; pour l'une le nerf seul est plongé dans un bain de curare; pour l'autre, c'est le muscle qui est ainsi baigné; la seconde préparation seule perd sont excitabilité par le nerf. Pour la première, non seulement cette excitabilité persiste, comme l'avait vu Cl. Bernard, mais elle persiste inaltérée, sans changement de chronaxie. Avec la strychnoléthaline, d'après ce que nous avions vu sur l'animal entier, l'excitabilité par le nerf devait persister dans les deux cas; c'est en effet ce que nous avons constaté, au moins pour les concentrations modérées du poison; nous avons eu aussi confirmation de la diminution de chronaxie et sur le nerf et sur le muscle. De plus, lorsque la solution est assez concentrée et l'action assez prolongée, nous avons vu la diminution de chronaxie musculaire faire place à une augmentation, et alors l'excitabilité par le nerf disparaître. Ces deux phases successives s'observent avec un grand nombre de poisons, nicotine, vératrine, physostigmine, dont j'ai fait ([3]), sous le nom de *gliocinétiques*, une famille opposée au curare et aux substances qui, de même, augmentent la chronaxie dès la première phase (*gliosclériques*).

Ainsi, quelles que soient l'origine et la préparation de la strychnoléthaline, on voit que ce produit ne saurait représenter le principe actif du curare, puisqu'il s'écarte de celui-ci par toutes ses propriétés pharmacodynamiques. C'est en vain qu'on tenterait de rapprocher ces deux substances au prix d'un bouleversement des données classiques, à l'encontre desquelles ne subsiste d'ailleurs aucune difficulté expérimentale.

BIOLOGIE. — *La répartition asymétrique des organes aléatoires.* Note de M. François Grandjean.

J'ai signalé ([1]) la manière dont se comportent habituellement les organes accessoires, au point de vue de l'évolution régressive. Certains organes ont disparu et d'autres vont disparaître. On reconnaît ces derniers à ce que l'animal les forme tard et même les oublie quelquefois. L'organe, qui était d'abord constant, n'a plus qu'une probabilité d'existence, et celle-ci tend vers zéro.

Un poil, par exemple, existait toujours, il y a très longtemps, chez les ancêtres d'un Acarien, à partir de la deutonymphe. Plus tard il manquait

([3]) *Ann. Physiol. et Physicoch. biol.*, 10, 1934, p. 566.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1853.

sur certaines deutonymphes. Ces deutonymphes déficientes augmentaient en nombre dans la suite des générations. Elles étaient bientôt la majorité. Le poil restait constant à partir de la tritonymphe, mais les deutonymphes qui l'avaient encore étaient de moins en moins communes, etc. Le poil est ainsi chassé d'une stase à l'autre, vers l'adulte, puis l'adulte le perd à son tour, par le même procédé de moindre fréquence. Je propose d'appeler ce phénomène la *régression par retardement*. C'est une régression numérique et l'organe peut garder toute sa taille. Elle est purement phylogénétique car l'ontogénèse reste progressive jusqu'à la fin. Pour la révéler il faut comparer des espèces. On peut aussi, dans une même espèce, faire de la statistique et chercher à connaître, par l'observation directe de nombreux individus, les probabilités d'existence des organes.

J'ai fait un premier essai dans ce sens par l'étude de la chaetotaxie pédieuse de *Trhypochthonius tectorum*. On recueille une population de cet animal, en un point donné. On définit, par leur position, tous les poils des pattes et l'on apprend à les reconnaître à tous les états du développement ([2]). Pour chaque poil, la *stase d'apparition probable* est celle des 5 stases à partir de laquelle ce poil existe plus souvent qu'il ne manque. S'il manque à cette stase, ou après elle, ou encore s'il existe avant elle, cela constitue un *écart*, dans le temps, de l'organogénèse. Pour chaque individu on relève tous les écarts, en examinant les 8 pattes après les avoir détachées du corps. Ce travail est très long parce que certains poils sont tombés pendant la vie de l'animal, ou pendant sa préparation. La statistique serait faussée complètement si l'on prenait ces chutes pour des écarts. Il faut donc voir les cicatrices ou constater leur absence. D'autres difficultés viennent des matières étrangères qui adhèrent souvent aux pattes et cachent les poils et surtout les petits solénidions. Ceux-ci, même s'ils ne sont pas propres, ne sont pas toujours commodes à voir. Pour ces motifs on est obligé, dans bien des cas, d'orienter la patte de plusieurs manières.

Les résultats obtenus sont intéressants et divers, et il en sera question

---

([2]) Cela exige que ces poils soient des organes précis, pourvus individuellement d'une histoire ontogénique et par conséquent phylogénique. Ils doivent appartenir au système primitif ou encore, à la rigueur, à un système néotriche débutant. Cette condition est réalisée par *T. tectorum*, elle ne le serait pas par un Trombidion. Dans ce travail les poils sont choisis comme exemples d'organes aléatoires parce qu'ils se prêtent à des statistiques, plusieurs d'entre eux ayant, à certaines stases, des probabilités favorables voisines de o,5.

dans d'autres notes. Pour le moment je donne ceux qui concernent la symétrie.

Deux hypothèses principales peuvent être faites :

1° La répartition des écarts se fait au hasard entre la droite et la gauche. Si P est la probabilité que l'écart existe à droite, on a la même probabilité que l'écart existe à gauche. La probabilité d'un écart symétrique est alors P^2 et celle d'un écart dissymétrique $2P(1-P)$.

2° Les écarts sont toujours symétriques. Leur probabilité d'existence est P.

L'observation montre tout de suite que la deuxième hypothèse ne convient pas. Si l'on observe un écart sur une patte droite, on ne le retrouve pas sur la patte gauche correspondante du même individu, en général. Mais il y a aussi des écarts symétriques. Calculé dans la première hypothèse, le nombre de ces derniers est-il conforme à l'observation ?

Le tableau ci-dessous montre ce qu'il en est. Je l'ai dressé seulement pour les plus forts écarts des tritonymphes. Les poils sont désignés par leur emplacement, avec les conventions suivantes : α et π sont les deux faces antiaxiale et paraxiale de la patte; *ld* et *lv* veulent dire latérodorsal et latéroventral; F, G, T sont le fémur, le génual, le tibia; αldT III, par exemple, est le poil antilatérodorsal du troisième tibia. Les $(n_d + n_g)$ écarts observés au total, pour chaque poil, sur N exemplaires de la tritonymphe, comprenaient n_s couples formés de deux écarts symétriques. Les sept premières lignes du tableau sont relatives à des tritonymphes d'Amélie-les-Bains ($N = 40$) et les quatre dernières à des tritonymphes de Menont ($N = 35$) appartenant à une race différente.

	Nombre observé d'écarts			Nombre calculé des écarts symétriques.	
	à droite (n_d).	à gauche (n_g).	symétriquement (n_s).	1° répartition au hasard.	2° répartition symétrique.
αlv G I manque.....	8	10	2	2	9
πld F II »	8	10	5	2	9
αlv G III »	11	17	5	4,7	14
αld T III »	6	7	1	1,0	6,5
αld G IV »	8	5	1	1	6,5
αld T IV »	13	15	8	4,9	14
πlv G II existe......	14	18	7	6,3	16
πlv G II manque.....	11	12	3	3,7	11,5
αld G IV »	7	3	1	0,6	5
αlv T II existe......	9	13	4	3,3	11
αld T IV »	13	11	4	4,1	12

Ce tableau permet de comparer n_s avec une valeur approximative du nombre théorique des écarts symétriques, dans les deux hypothèses envisagées plus haut. Pour la 1re hypothèse, cette valeur est le quotient de $n_d n_g$ par N (4e colonne). Pour la 2e, j'ai pris la moyenne arithmétique entre n_d et n_g (5e colonne).

Le calcul ne peut donner qu'une approximation assez grossière puisqu'il faut remplacer les probabilités par les fréquences et que le nombre total des observations n'est pas très grand. La concordance entre les chiffres calculés de la 4e colonne et le nombre n_s observé est cependant très bonne dans 9 cas sur 11. Elle ne l'est pas pour les poils π *ld* F II et α *ld* T IV des exemplaires d'Amélie-les-Bains. Y a-t-il quelque chose de particulier pour ces poils? Je crois qu'il serait imprudent de l'affirmer, car des différences doivent exister entre les chiffres des colonnes 3 et 4. Une grande différence (relativement au nombre total des écarts) ne serait peu probable que si N était grand, et cela ne la rendrait pas impossible. On peut faire la même remarque au sujet des différences entre n_d et n_g.

Le seul moyen de rendre meilleurs les résultats serait d'opérer sur plusieurs centaines d'exemplaires. Je compte en effet recommencer ce travail avec des récoltes plus riches, contenant davantage de tritonymphes. La stase tritonymphale est la plus favorable parce que c'est elle qui porte, chez *T. tectorum*, les écarts les plus fréquents.

Malgré le trop petit nombre des exemplaires étudiés, je crois que l'on peut déjà conclure, sinon à l'exactitude de la 1re hypothèse, du moins à la prépondérance considérable du hasard dans la répartition des écarts.

Je rappelle maintenant que ces écarts ne sont pas des anomalies. Ils représentent le procédé habituel par lequel évoluent les organes qui régressent par retardement. Le procédé correspondant de l'évolution progressive, celui des organes qui deviennent de plus en plus précoces, me semble d'ailleurs analogue, au moins dans les cas que je connais. Il se fait aussi par écarts autour d'une époque d'apparition plus probable. Son asymétrie est facile à observer, par exemple dans la transformation des poils en acanthoïdes.

On ne voit pas bien, dès lors, pourquoi ces procédés généraux d'évolution, qui s'appliquent aussi bien à des organes très aléatoires qu'à des organes quasi certains, auraient un privilège d'asymétrie. N'est-il pas plus logique de dire qu'ils ne font pas exception? La symétrie bilatérale des êtres vivants n'est pas une symétrie géométrique simple. Elle doit faire intervenir les probabilités d'existence des organes. Elle s'énoncerait ainsi

par exemple : *un organe et son symétrique ont la même probabilité d'exister, mais la répartition de l'organe entre la droite et la gauche, dans une collection d'exemplaires du même animal, se fait au hasard.*

Un être construit selon ce principe aurait la symétrie bilatérale pour ses organes à probabilités voisines de 1, mais ses organes aléatoires seraient distribués d'une manière partiellement dissymétrique et d'autant plus dissymétrique que leur probabilité serait plus faible. C'est bien ce que l'on constate.

L'animal paraît néanmoins symétrique. Cela veut dire que la plupart des organes, en particulier ceux qui sont nécessaires à la vie, ont une existence presque certaine. Leur probabilité voisine de 1 les oblige à être symétriques, même s'ils sont distribués au hasard entre la droite et la gauche, comme les autres organes. Les cas de dissymétrie, qui doivent être peu nombreux, sont rendus plus rares encore parce qu'ils entraînent généralement la mort de leurs porteurs. Les organes accessoires à faible probabilité, à l'inverse, sont presque toujours dissymétriques, mais à condition d'exister, et le plus probable, naturellement, est qu'ils manquent des deux côtés à la fois, de sorte que l'animal est encore symétrique, le plus souvent, à leur égard. C'est pour des organes accessoires à probabilité moyenne, voisine de 0,5, que l'animal aura le plus d'exemplaires dissymétriques.

J'appelle *dissymétrie*, dans cette Note, l'existence d'un organe d'un côté du corps et son absence de l'autre côté. L'*asymétrie* est la répartition au hasard entre la droite et la gauche. Elle entraîne l'existence d'individus symétriques et d'autres dissymétriques.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Uréogenèse et métabolisme de l'azote purique chez les végétaux.* Note de M. **Richard Fosse.**

1. Si le mécanisme de l'uréogenèse n'est pas connu chez les animaux, celui de la formation très générale de l'urée par oxydation des substances organiques et de l'ammoniac découle très nettement, au contraire, des synthèses que nous avons réalisées, de toute une série des termes intermédiaires

Formol → Cyanamide → Acide cyanhydrique → Acide cyanique.

Le processus chimique de la respiration, *l'oxydation*, produit donc,

in vitro, aux dépens des dérivés combustibles du carbone, naturels ou artificiels, non seulement des corps d'activité chimique nulle ou très faible (eau, gaz carbonique, urée), mais aussi de puissants agents de synthèse des principes naturels, le *formol* et *l'acide cyanhydrique*, considérés comme les premiers termes de l'assimilation chlorophyllienne du carbone et de l'azote et l'origine des constituants combustibles de la matière vivante; la *cyanamide*, génératrice *in vitro* de bases *guanidiques*, de la *créatine* et de la *créatinine* ainsi que de *l'arginine*.

2. En cherchant à vérifier la présence du formol dans les feuilles vertes, productrices d'une réaction colorée attribuée à cet aldéhyde, nous avons découvert un principe naturel d'importance considérable, l'*acide allantoïque*.

L'origine de cet uréide révèle chez les végétaux, avec l'existence d'une série d'autres principes, les étapes successives d'un mécanisme de formation de l'urée inconnu chez les êtres vivants.

Dans le milieu acide des sucs végétaux, l'acide allantoïque se scinde, lentement à froid, rapidement à chaud, en urée et acide glyoxylique :

$$(1)\quad CO^2H-CH\left\langle\begin{matrix}NH-CO-NH^2\\NH-CO-NH^2\end{matrix}\right. + 2H^2O = CO^2H-CH\left\langle\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right. + 2NH^2-CO-NH^2.$$

3. *L'acide allantoïque* dérive, *in vivo* et *in vitro*, de *l'allantoïne*, par simple fixation d'eau, sous l'influence de *l'allantoïnase*, découverte avec Brunel dans le règne végétal et animal.

$$(2)\quad \begin{matrix}NH^2 & & NH & \\ | & & & \\ CO & CO & & CO \\ | & | & & | \\ NH & —CH— & & NH\end{matrix} \xrightarrow[+H^2O]{\text{Allantoïnase}} \begin{matrix}NH^2 & & NH^2 \\ | & & | \\ CO & CO^2H & CO \\ | & | & | \\ NH & —CH— & NH\end{matrix}$$

Ces deux réactions quantitatives donnent la possibilité de réaliser aisément, grâce à nos méthodes très sensibles d'analyse de l'urée et de l'acide glyoxylique, la caractérisation et la mesure d'activité de l'allantoïnase, l'identification et le dosage de très petites quantités d'acide allantoïque et d'allantoïne.

D'autre part, avec Thomas et De Graeve, nous avons démontré que l'allantoïne, considérée comme optiquement inactive et indédoublable, se dédouble sous l'influence de son enzyme hydratante spécifique en deux antipodes optiques, dont la vitesse d'hydratation différente, plus grande pour le droit que pour le gauche, permet d'isoler ce dernier. L'isomère droit se trouve chez les végétaux (platane) et les animaux (veau). Le com-

posé racémique se précipite de solutions équimoléculaires concentrées de ses composants

Ces trois principes naturels, à qui l'on refusait le droit d'exister comme espèces chimiques, démontrent que, contrairement à l'opinion admise, l'allantoïne est un corps racémique, dont la structure asymétrique dérive des belles synthèses réalisées par Grimaux et d'autres savants.

De là résulte, en outre, l'origine purique de l'urée chez les végétaux.

4. *L'allantoïne racémique* provient, en effet, de l'oxydo-hydratation de l'*acide urique* sous l'influence de l'*uricase* :

$$(3)\qquad \begin{array}{lll} NH - & CO & \\ | & | & \\ CO & C - & NH \\ | & \| & \quad\rangle CO \\ NH - & C - & NH \end{array} \xrightarrow[+O+H^2O-CO^2]{\text{Uricase}} \begin{array}{lll} NH^2 & NH & \\ | & \diagup \quad \diagdown & \\ CO & CO & CO \\ | & | & | \\ NH - & CH - & NH \end{array}$$

L'acide urique, dont on affirmait l'absence dans les plantes, a pu être isolé, avec Thomas et De Graeve, de plusieurs graines et identifié par l'analyse quantitative élémentaire.

Sa transformation *totale* en acide allantoïque par l'uricase hépatique et l'allantoïnase du Soja permet de doser avec précision cet uréide à l'aide de nos techniques d'analyse de l'urée et de l'acide glyoxylique.

5. Le mécanisme de formation de l'urée à partir de l'acide urique est représenté par le schéma

$$\text{Ac. urique} \xrightarrow{\text{Uricase}} \underset{(d+l)}{\text{allantoïne}} \xrightarrow{\text{Allantoïnase}} \begin{array}{c} \text{allantoïne } d \\ + \\ \text{allantoïne } l \end{array} \rightarrow \text{ac. allantoïque} \rightarrow \begin{array}{c} \text{urée} \\ + \\ \text{ac. glyoxylique} \end{array}$$

On le trouve inscrit dans une foule de graines qui renferment, à la fois, plusieurs de ces uréides et de ces enzymes.

L'urée ainsi formée ne résulte pas d'une synthèse, comme dans l'oxydation des substances organiques ou la théorie de l'uréogenèse animale aux dépens de l'acide carbonique et de l'ammoniac :

$$(4)\qquad O{=}C\begin{cases} OH + NH^3 \\ OH + NH^3 \end{cases} \xrightarrow{-2H^2O} O{=}C\begin{cases} NH^2 \\ NH^2 \end{cases},$$

mais de la mise en liberté de cet amide, préformé, inclus dans les molécules de l'acide urique et des nucléines.

6. Contrairement à ce qui a lieu pour nombre de champignons sans uréase, l'urée ne se trouve qu'en très faible quantité chez les végétaux supérieurs, où sa présence, pour être décelée, exige la très grande sensibilité

de notre réactif. Cet amide peut cependant apparaître en quantité considérable par simple chauffage de certains sucs foliaires ou plantulaires, qui accumulent l'acide allantoïque comme matière azotée de réserve.

7. L'urée provient-elle chez les végétaux exclusivement de l'acide urique et par conséquent des nucléines ? On ne peut l'affirmer. Elle dérive sans doute, aussi, d'autres sources, notamment de l'*arginine* chez les champignons, où la présence et la très grande activité de l'*arginase* ont été démontrées par N. N. Ivanhoff.

8. Le métabolisme de l'azote purique ne se termine pas à la phase urée, il franchit encore une dernière étape, grâce à l'uréase, très active et très répandue dans les graines et les plantules. En hydratant l'urée, non directement assimilable par la plante, l'uréase lui procure son aliment azoté idéal, précieux entre tous, l'ammoniaque.

CYTOLOGIE. — *Sur la continuité génétique du cinétome chez quelques Ciliés Hypotriches.* Note [1] de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Joséphine Seguela.**

La continuité génétique du cinétome chez les Infusoires Ciliés, établie par Chatton et Lwoff et leurs collaborateurs pour ce qui est des Ciliés Holotriches et des Acinétiens [2], par Chatton et Mme Villeneuve pour ce qui est des Péritriches [3] et par Mme Villeneuve pour ce qui est des Hétérotriches [4], reste partiellement douteuse pour ce qui est Hypotriches.

On sait que, chez ces Infusoires, très évolués, la ciliature, qui sur la face dorsale est constituée, comme chez les Ciliés primitifs, de cils isolés, est formée sur la face ventrale de cils étroitement groupés et agglutinés en pinceaux ou cirres et en palettes ou membranelles préorales. Il est bien établi [Gelei [5] et nous-mêmes contre B. Klein [6]], que les cils dorsaux

[1] Séance du 13 mars 1939.

[2] E. Chatton, A. et M. Lwoff et L. Tellier, *C. R. Soc. Biol.*, 100, 1929, p. 1191-1196; E. Chatton et A. et M. Lwoff, *ibid.*, 107, 1931, p. 532-535; E. Chatton, A. et M. Lwoff et J. Monod, *ibid.*, 107, 1931, p. 560-564 · E. Chatton, A. et M. Lwoff et J. Monod, *Bull. Soc. Zool. France*, 56, 1931, p. 367-374.

[3] E. Chatton et Mme S. Villeneuve, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 538-541.

[4] Voir ci-après, p. 934, la Note de Mme S. Villeneuve-Brachon.

[5] *Zool. Anz.*, 105, 1934, p. 258-266.

[6] *Arch. f. Protistenk.*, 88, 1936, p. 1-22, pl. I.

se multiplient au moment de la scission de l'Infusoire, par division de leurs cinétosomes. A ce point de vue les Hypotriches vérifient la règle commune de la permanence et de la continuité génétique des cinétosomes.

Mais, en ce qui concerne la ciliature ventrale, les recherches effectuées jusqu'ici par Gelei ([5]) et par nous-mêmes sur l'*Euplotes Patella*, et celles de B. Klein ([6]) sur l'*E. Möbiusi* ont montré que les ébauches de chacun des nouveaux cirres et celle, unique, du nouveau péristome procèdent d'autant d'épaississements locaux des cordons de l'argyrome. Ces plages se décomposent ultérieurement en granules d'où poussent les cils des formations vibratiles. Tout se présente donc ici comme si les cinétosomes des cirres et des membranelles se différenciaient au sein de la substance argyrophile, conformément à la conception de leur néoformation, formulée par B. Klein, et qui est en opposition foncière avec celle de leur continuité génétique.

Cependant nous avions des raisons de penser que cette exception ne pouvait être qu'une apparence. Chatton et Lwoff ont démontré l'existence chez plusieurs Holotriches (*Chilodon*, *Sphenophrya*, *Glaucoma*), et chez l'Acinétien *Podophrya* (*loc. cit.*), de *cinétosomes erratiques* épars sur les cordons de l'argyrome, et leur faculté de se rassembler à certains moments, de se multiplier et de s'ordonner pour former, par exemple chez la *Podophrya*, tout le champ cilié de l'embryon. Rien, dans le cas de l'*Euplotes Patella*, n'excluait la possibilité que des cinétosomes erratiques existant sur l'argyrome, mais occultés par lui, en raison de son exceptionnel développement en épaisseur et de son intense affinité pour l'argent, fussent eux-mêmes les germes des ébauches des cirres et des palettes.

L'hypothèse n'étant pas susceptible d'une vérification directe, nous avons recherché sa confirmation chez d'autres Hypotriches : un autre *Euplotes*, l'*E. crassus* Duj., et un représentant de la famille la plus primitive du groupe, celle des *Oxytrichidæ*, l'*Opisthotricha monspessulana*, *n. sp.* que nous décrivons ailleurs.

L'*Euplotes crassus* a un argyrome à peu près aussi important que celui de l'*E. Patella*. On y voit cependant nettement un peu avant la division, un des gros cinétosomes de la marge postérieure du péristome ancien s'allonger et former directement les lèvres de l'orifice qui est l'ébauche de tout le nouveau péristome. Et de même voit-on les ébauches des nouveaux cirres procéder de cinétosomes émigrés sur le réseau argyrophile à partir des plaques cinétosomiennes des cirres anciens.

Chez l'*Opisthotricha monspessulana*, l'argyrome, très difficilement impré-

gnable, est à cordons beaucoup plus fins et à mailles beaucoup plus petites que chez les *Euplotes*. En dehors des plaques cinétosomiennes des cirres et des palettes, on y voit, dispersés sur l'argyrome et comme véhiculés par lui, de nombreux granules, régulièrement calibrés et imprégnés en noir. A la prédivision on assiste au rassemblement de ces granules en un arc de cercle situé un peu en arrière de l'ancien péristome, à leur multiplication et à leur mise en ordre sous forme de bandes normales à l'arc, représentant chacune l'ébauche d'une palette de la zone préorale. Ces granules sont des cinétosomes erratiques. C'est seulement quand l'ébauche péristomienne est déjà nettement esquissée que se constituent celles des cirres frontaux, ventraux et transverses. Des granules erratiques se groupent en 5 plages antérieures et 5 plages postérieures. Chacune de ces 5 plages se subdivise en autant de plages secondaires qu'il y a de cirres. Les cirres marginaux se forment aussi par groupement de cinétosomes en quatre zones marginales, deux antérieures et deux postérieures, qui se découpent en autant de petites bandes parallèles qu'il y a de cirres.

Ce n'est pas *a priori* que nous considérons ces granules comme des cinétosomes erratiques; cette qualité ressort du fait même qu'ils deviennent les cinétosomes des cirres ou des palettes et poussent très précocement leurs cils.

Si, en ce qui concerne la genèse de la ciliature ventrale de l'*Euplotes Patella*, les apparences sont contraires à la thèse de la permanence et de la continuité génétique du cinétome, les faits que nous observons chez l'*Euplotes crassus* et chez l'*Opisthotricha monspessulana*, la vérifient entièrement, et, par là même, renforcent l'hypothèse que, chez la première espèce, l'existence et le jeu des cinétosomes sont simplement masqués par l'importance exceptionnelle de l'argyrome.

Ces observations, avec celles de Mme Villeneuve sur les Hétérotriches (4), étendent à des représentants de tous les groupes de Ciliés, la justification de la théorie de Chatton et Lwoff, de la permanence et de la continuité génétique du cinétome.

NOMINATIONS.

M. Louis Lapicque est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *Sixième centenaire* de la fondation de l'*Université de Grenoble*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *M. d'Ocagne* décédé.

Le nombre de votants étant 59,

M. Jacques Duclaux obtient	....	40	suffrages
M. Albert Pérard	»	....	6	»
M. Joseph Bethenod	»	....	4	»
M. André Kling	»	....	3	»
M. Gustave Roussy	»	....	2	»
M. Louis Bréguet	»	....	1	»
M. Justin Jolly	»	....	1	»
M. Paul Lévy	»	....	1	»

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Jacques Duclaux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la détermination des surfaces convexes.* Note [1] de M. **J. Favard**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient, dans l'espace à n dimensions $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, n corps convexes $C_1, C_2, \ldots, C_n$, non dégénérés, distincts ou non; on sait [2] qu'entre leurs volumes mixtes on a les inégalités de la forme

$$V^2(C_1, C_2, \ldots, C_n) \geqq V(C_1, C_1, C_3, \ldots, C_n)\,V(C_2, C_2, C_3, \ldots, C_n). \tag{1}$$

---

[1] Séance du 13 mars 1939.

[2] W. Fenchel, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 647 et 764.

Le but de cette Note est de montrer que *si l'on suppose que les diverses fonctions d'appui* $H_1, H_2, \ldots, H_n$, *de ces corps ont des dérivées secondes continues, alors le signe d'égalité ne peut avoir lieu dans* (1) *que si les corps* C_1 *et* C_2 *sont homothétiques*.

En faisant au préalable une homothétie, si cela est nécessaire, nous pouvons toujours supposer que l'on a

$$V(C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n) = V(C_1, C_1, C_3, \ldots, C_n) = V(C_2, C_2, C_3, \ldots, C_n),$$

et nous démontrerons que les corps C_1 et C_2 peuvent se déduire l'un et l'autre par une translation.

En appliquant une méthode que j'ai donnée [3] dans le cas de 3 dimensions, on prouve facilement que les égalités ci-dessus entraînent

$$V(C_0, C_1, C_3, \ldots, C_n) = V(C_0, C_2, C_3, \ldots, C_n),$$

quel que soit le corps convexe C_0, et ensuite

$$D(H_1, H_3, \ldots, H_m) = D(H_2, H_3, \ldots, H_m), \tag{2}$$

où la notation D désigne le discriminant mixte, sur la sphère de rayon 1 centrée à l'origine, des formes quadratiques non négatives en ξ_μ

$$[H_i] = \sum \xi_\mu \xi_\nu \frac{\partial^2 H_i}{\partial x_\mu \, \partial x_\nu} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

En posant $H_2 - H_1 = L$, la formule (2) s'écrit

$$D(L, H_3, \ldots, H_n) = 0, \tag{3}$$

égalité valable sur toute la sphère de rayon 1 centrée à l'origine.

Or, d'une égalité due à M. A. Alexandroff [4], on déduit qu'en tout point de cette sphère on a

$$D^2(L, H_3, \ldots, H_n) \geqq D(L, L, H_4, \ldots, H_n)\, D(H_3, H_3, H_4, \ldots, H_n), \tag{4}$$

sans que $[L]$ soit nécessairement non négative; le signe d'égalité n'ayant lieu que si $[L]$ est proportionnelle à $[H_3]$ au point considéré.

Des relations (3) et (4) nous tirons

$$D(L, L, H_4, \ldots, H_n) \leqq 0. \tag{5}$$

---

(3) J. Favard, *Journal de Math.*, **12**, 1933, p. 219-282.

(4) *Rec. Math. Moscou,* **3**, 1938, p. 227-251.

Or, d'après la formule servant au calcul des volumes mixtes, on a

$$(6)\qquad \int H_3 D(L, L, H_4, \ldots, H_n)\, d\omega = \int LD(L, H_3, \ldots, H_n)\, d\omega = 0,$$

l'intégrale étant étendue à la sphère de rayon 1 centrée à l'origine, $d\omega$ désignant l'élément d'aire de cette sphère.

De (5) et (6), nous déduisons alors [5]

$$D(L, L, H_4, \ldots, H_n) = 0.$$

Le signe d'égalité a donc lieu dans (4), [L] est donc proportionnelle à $[H_3]$, mais, comme

$$D(H_3, H_3, H_4, \ldots, H_n) > 0,$$

l'égalité (3) donne [L] = 0 et, en définitive,

$$H_2 - H_1 = \sum_{\mu=1}^{n} a_\mu x_\mu,$$

où les a_μ désignent des constantes : c'est ce que nous voulions démontrer.

Dans l'espace à trois dimensions, M. D. Hilbert [6] avait établi ce résultat pour deux corps, au moyen de la théorie des équations intégrales; la différence entre sa méthode et la précédente est dans la démonstration directe de l'égalité (2) au moyen de considérations géométriques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les problèmes du Calcul des variations dans le cas des intégrales simples, dans lesquels les extrémités de la ligne d'intégration sont variables sur des courbes à points singuliers.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. J'ai donné (*Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences*, 1919) les conditions nécessaires et suffisantes de l'extrémum dans le cas du problème plan, où l'extrémale est tangente à la courbe transversale $\mathcal{K}$. Maintenant je voudrais m'occuper du cas singulier où $\mathcal{K}$ a au point $\mathfrak{P}_{10}$ un point

---

(5) H. Weyl (*S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1917, p. 250-266) a employé ce procédé dans un cas particulier.

(6) *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, 1910, p. 388-406.

(1) Séance du 30 janvier 1939.

cuspidal. Les considérations qui suivent peuvent être facilement généralisées au cas de l'n-espace euclidien avec des m-variétés singulières transversales.

2. Soient

$$(1)\qquad \begin{cases} x(a) = \frac{1}{2}\overline{x}''(a_0)(a-a_0)+\ldots, \\ y(a) = \frac{1}{2}\overline{y}''(a_0)(a-a_0)+\ldots, \end{cases}$$

les équations de $\mathcal{K}$, et l'on suppose $\overline{x}''$ et y'' non nuls à la fois. Considérons l'intégrale

$$(2)\qquad \mathcal{J} = \int_{t_1}^{t_2} \mathcal{F}(x, y; x', y')\,dt,$$

et soit $I(a)$ l'intégrale extrémale de Hamilton. Pour un minimum il faut que l'on ait

$$(3)\qquad I''(a_0) \equiv -\overline{x}''(a_0)\mathcal{F}^0_{x'} - \overline{y}''(a_0)\mathcal{F}^0_{y'} \geqq 0.$$

Pour pouvoir appliquer la théorie du champ d'extrémales on doit supposer l'égalité. On a alors

$$(4)\qquad I'''(a_0) \equiv -\overline{x}'''(a_0)F^0_{x'} - \overline{y}'''(a_0)\mathcal{F}^0_{y'} = 0,$$

et l'angle $\theta_1(a)$ de transversalité satisfait à la condition

$$(5)\qquad \Theta'_1(a_0) = 0.$$

3. Supposons

$$\mathcal{F}_1 > 0 \qquad \text{le long de l'extrémale } E_0,$$

$\mathcal{F}(P_{10}) \neq 0$,

$$(6)\qquad x'(t_1)\overline{y}''(a_0) - y'(t_1)\overline{x}''(a_0) > 0.$$

Envisageons le faisceau d'extrémales transversales à $\mathcal{K}$,

$$(7)\qquad \begin{cases} x = X[s, x(a), y(a), \theta(a)], \\ y = Y[s, x(a), y(a), \theta(a)]. \end{cases}$$

Le point focal est le zéro le plus voisin de P_{10} de

$$(8)\qquad \Delta_a(t, a),$$

soit t''_1. Supposons

$$(9)\qquad t''_1 > t_2.$$

Entourons l'arc $P_{10}P_2$ de $\mathcal{E}_0$ d'un domaine D et soit D_+ la partie située

du même côté que $\mathcal{K}$. On démontre qu'à un point $Q(x, y)$ de D_+ situé sur la normale n du point $P(x_0, y_0)$ de $\mathcal{E}_0$ correspondent deux systèmes de valeurs de a, t

$$(10)\quad \left\{\begin{array}{l} a - a_0 = \pm\sqrt{\dfrac{2(\xi Y_{t_0} - \eta X_{t_0})}{X_{t_0}Y_{a_0a_0} - Y_{t_0}X_{a_0a_0}}}\,[1 + \varepsilon(\xi, \eta)], \\ t - t_0 = \dfrac{\xi Y_{a_0a_0} - \eta X_{a_0a_0}}{X_{t_0}Y_{a_0a_0} - Y_{t_0}X_{a_0a_0}} + \bar\varepsilon(\xi, \eta)\sqrt{\xi^2 + \eta^2}, \\ [\xi = x - x_0,\ \eta = y - y_0,\ \varepsilon,\ \bar\varepsilon \text{ tendant vers zéro avec } (\xi, \eta)]. \end{array}\right.$$

On a ainsi deux champs de Weierstrass $a > a_0$, $a < a_0$ auxquels on applique la théorie classique.

4. Supposons maintenant que la courbe C, joignant le point P_1 de K au point fixe P_2, coupe, au point P_3, pour la première fois $\mathcal{E}_0$. On décompose P_1P_2 en $P_1P_3 + P_3P_2$ en démontrant les inégalités

$$\mathcal{J}_C(P_1, P_3) > \mathcal{J}_{\mathcal{E}_0}(P_{10}, P_3), \qquad \mathcal{J}_C(P_3, P_2) \geqq \mathcal{J}_{\mathcal{E}_0}(P_3, P_2).$$

La condition

$$(11)\qquad I^{IV}(a_0) > 0$$

est

$$(12)\quad \begin{array}{l} 3\,\mathcal{F}_1(s_1)\{\bar x''_0 y'_1 - \bar y''_0 x'_1\}\{\bar x''_0 y''_1 - \bar y''_0 x''_1\} + z_1(s_2)(\bar x''_0 y'_1 - \bar y''_0 x'_1)^2 \\ \quad - 3\{\mathcal{F}^0_{x'x_1}\bar x''^2_0 + \mathcal{F}^0_{x'y_1}\bar x''_0\bar y''_0 + \mathcal{F}^0_{x_1y'}\bar x''_0\bar y''_0 + \mathcal{F}^0_{y'y_1}\bar y''^2\} - \bar x^{IV}_0\mathcal{F}^0_{x'} - \bar y^{IV}_0\mathcal{F}^0_{y'} > 0. \end{array}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réductibilité des systèmes automorphes dont le groupe associé est simplement transitif*. Note de M. **Ernest Vessiot**, présentée par M. Élie Cartan.

M. É. Cartan a rappelé, dans un article récent, que l'extension des idées de Galois aux équations différentielles ordinaires, telle qu'elle a été faite par M. Émile Picard, suppose que toutes les constantes complexes appartiennent au domaine de rationalité; et qu'il a depuis longtemps posé la question de savoir ce qui subsisterait de cette théorie, si on laissait tomber cette hypothèse [1]. Voici le résumé d'une analyse qui donne une réponse à cette question.

1. Considérons, plus généralement, un système S automorphe ayant

---

[1] *Commentarii mathematici Helvetici*, **11**, 1939, p. 9 et 15; *Revue du mois*, **17**, 1914, p. 465.

pour groupe associé G un groupe simplement transitif, dont les équations finies soient rationnelles et résolubles rationnellement par rapport aux paramètres. Elles le seront encore si l'on prend, pour paramètres $a_1, \ldots, a_n$ les coordonnées de la position que prend par la transformation générale de G, un point origine de coordonnées $\omega_1, \ldots, \omega_n$ rationnelles.

Soient alors

$$(1) \qquad x'_i = f_i(x_1, \ldots, x_n; a_1, \ldots, a_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

ces équations. Celles du groupe simplement transitif G_0 *réciproque* de G seront

$$(2) \qquad z_i = f_i(a_1, \ldots, a_n; z'_1, \ldots, z'_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Soient $t_1, \ldots, t_p$ les variables indépendantes, $x_1, \ldots, x_n$ les fonctions inconnues. Si

$$x_i = u_i(t_1, \ldots, t_p) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

est une solution de S, son intégrale générale sera

$$(3) \qquad x_i = f_i(u_1, \ldots, u_n; a_1, \ldots, a_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

et la transformation, des x_i en z_i,

$$(4) \qquad x_i = f_i(u_1, \ldots, u_n; z_1, \ldots, z_n)$$

réduira S à

$$dz_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

2. Soit D un diviseur de S, c'est-à-dire un autre système dont toutes les solutions sont des solutions de S. On peut supposer qu'il est formé de S et d'un système Ω d'ordre zéro; et qu'il n'en peut résulter, par dérivations et éliminations, aucune équation d'ordre zéro indépendante de Ω. Dans ces conditions, toute transformation (4) change Ω en un système Ω_0 qui ne dépend pas des t_i. Et si les u_i satisfont à des conditions initiales de la forme $u_i(t_1^0, \ldots, t_n^0) = \omega_i\ (i = 1, 2, \ldots, n)$, Ω_0 se déduit de Ω en y faisant $t_i = t_i^0$ et $x_i = z_i\ (i = 1, 2, \ldots, n)$.

Toutes les solutions $(u_1, \ldots, u_n)$ de S pour lesquelles (4) change Ω en Ω_0 sont celles d'un diviseur Δ de S, qui est automorphe, et dont le groupe associé g est un sous-groupe de G isomorphe au plus grand sous-groupe de G_0 qui laisse Ω_0 invariant.

Les solutions de D se répartissent en familles dont chacune se compose des solutions d'un système automorphe dont le groupe associé, variable d'une famille à l'autre en général, est un des homologues de g dans G.

3. Dire que S est *réductible*, c'est dire qu'il y a au moins un diviseur rationnel autre que lui-même. Mais si Ω est rationnel, il y aura, d'après ce qui précède, des Ω_0 qui seront rationnels, et les Δ correspondants le seront aussi. On arrive, dès lors, aisément aux conclusions annoncées :

1° *Tous les diviseurs rationnels de* S, *qui ont en commun une solution* $(u_1, \ldots, u_n)$ *de* S *telle que les* u_i *prennent simultanément, pour au moins un système de valeurs rationnelles des* t_i, *des valeurs rationnelles, ont un plus grand commun diviseur qui est rationnel, irréductible, automorphe et dont le groupe associé* Γ (groupe de rationalité), *est un sous-groupe de* G. *Les groupes* Γ *ainsi définis sont homologues dans* G.

2° *Les solutions de tout diviseur rationnel de* S *se répartissent en familles dont chacune est formée par les solutions d'un système automorphe, rationnel ou non, dont le groupe associé, variable d'une famille à l'autre, est homologue dans* G *aux groupes* Γ *ci-dessus définis*.

Les groupes de rationalité ainsi obtenus sont donc, comme on pouvait s'y attendre, analogues à ceux des équations aux dérivées partielles du premier ordre, à une fonction inconnue, linéaires et homogènes ([2]). Mais si toutes les constantes complexes appartiennent au domaine de rationalité, la première partie de l'énoncé précédent est valable pour toute solution $(u_1, \ldots, u_n)$ de S, et le groupe de rationalité Γ a, dès lors, les propriétés caractéristiques du groupe de Galois d'une équation algébrique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs limites des fonctions de deux variables complexes*. Note de MM. **Stefan Bergmann** et **Joseph Marcinkiewicz**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\mathfrak{M}^4$ un domaine dont la frontière est formée par deux hypersurfaces analytiques, à savoir

$$\mathcal{E}_1^3 = \mathsf{E}[z_1 = h(z_2, \lambda), (0 \leq \lambda \leq 2\pi, |z_2| \leq 1)] \text{ (}^1\text{)},$$
$$\mathcal{E}_2^3 = \mathsf{E}[z_1 = sh(z_2, \lambda), (0 \leq \lambda \leq 2\pi, 0 \leq s \leq 1), z_2 = e^{i\varphi_2}, (0 \leq \varphi_2 \leq 2\pi)],$$

où $h(z_2, \lambda)$, pour tout λ fixe, est une fonction analytique de z_2 qui satisfait

---

([2]) On peut, du reste, arriver à la notion de ceux-ci par une marche analogue à celle du texte.

([1]) $\mathsf{E}[\ldots]$ désigne l'ensemble des points satisfaisant à la propriété exprimé entre crochet.

aux inégalités

$$\min_{z_2, \lambda} |h(z_2, \lambda)| \geqq \Delta > 0, \qquad \frac{1}{M} \leqq \left| \frac{dh(z_2, \lambda)}{d\lambda} \right| \leqq M < \infty.$$

Si $\rho = \rho(\omega)$ représente l'équation de la courbe $z_1 = h(z_2, \lambda)$ $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)$, z_2 fixe, en coordonnées polaires, nous avons $|d^2\rho/d\omega^2| \leqq M$ où M désigne une constante absolue et ω est une fonction de λ telle que $M^{-1} \leqq |d\omega/d\lambda| \leqq M < \infty$. La surface

$$\mathcal{F} = \mathrm{E}[z_1 = h(z_2, \lambda), z_2 = e^{i\varphi_2}, 0 \leqq \lambda \leqq 2\pi, 0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi]$$

est appelée la surface remarquable de $\mathfrak{M}^4$ (²) et joue un rôle essentiel dans tout ce qui suit.

Soit $g(\lambda, \varphi_2)$ une fonction continue et doublement périodique des deux variables λ et φ_2. Désignons par $G(z_1, \varphi_2)$ la fonction harmonique dans le domaine borné par la courbe $z_1 = h(e^{i\varphi_2}, \lambda)$, $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)$, telle que

$$G[h(e^{i\varphi_2}, \lambda), \varphi_2] = g(\lambda, \varphi_2).$$

On dit que $g(\lambda, \varphi_2)$ vérifie la condition **N** si l'on a

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} G(\Delta e^{i\varphi_1}, \varphi_2) \cos(m\varphi_1 - n\varphi_2)\, d\varphi_1\, d\varphi_2$$
$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} G(\Delta e^{i\varphi_1}, \varphi_2) \sin(m\varphi_1 - n\varphi_2)\, d\varphi_1\, d\varphi_2 = 0 \qquad (m = 1, 2, \ldots; n = 1, 2, \ldots) \text{ (³)}.$$

La fonction $f(\lambda, \varphi_2)$, $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi, 0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi)$, sera appelée de la classe $L^{(p)}$ $(p \geqq 1)$, si l'on a

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2)|^p\, d\lambda\, d\varphi_2 < \infty.$$

Nous dirons qu'elle vérifie la condition **N** si, pour tout $\varepsilon > 0$, on peut trouver une fonction $g(\lambda, \varphi_2)$, doublement périodique et continue, satisfaisant à la condition **N**, et telle qu'on ait

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2) - g(\lambda, \varphi_2)|^p\, d\lambda\, d\varphi_2 \leqq \varepsilon.$$

(²) En connection avec la Note cf. Bergmann, *Math. Annalen*, 104, 1931, p. 611-636; *Jahresbericht d. deutschen Mathematikervereinigung*, 44, 1932-1933, p. 238-252; *Math. Zeitsch.*, 39, 1934, p. 605-608, et B. Jessen, J. Marcinkiewicz et A. Zygmund, *Fundamenta Math.*, 25, 1935, p. 217-234.

(³) Voir Bergmann, *Math. Annalen*, 104, 1931, p. 611-636, en particulier p. 615.

Nous dirons qu'une fonction analytique $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ régulière dans $\mathfrak{M}^4$ appartient à la classe $\mathcal{H}_p$, si $\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |\mathcal{F}[s_1 h(s_2 e^{i\varphi_2}, \lambda), s_2 e^{i\varphi_2}]|^p d\lambda\, d\varphi_2 < \infty$ dès que le domaine $\mathfrak{M}_{s_1 s_2}$ dont la frontière est

$$\mathrm{E}[z_1 = s_1 h(s_2 z_2, \lambda), (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi, s_1, s_2 < 1 \text{ fixes}), |z_2| \leqq 1]$$

et

$$\mathrm{E}[z_1 = sh(s_2 e^{i\varphi_2}, \lambda), (0 \leqq s \leqq s_1, 0 \leqq \lambda \leqq 2\pi), z_2 = s_2 e^{i\varphi_2}(0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi, s_2 \text{ fixe})],$$

est contenu dans $\mathfrak{M}^4$.

Enfin nous désignerons par $\mathcal{E}^4(\lambda, \varphi_2, \alpha)$ la partie commune de $\mathfrak{M}^4$ et du domaine

$$\mathrm{E}\{|\arg(z_2 - e^{i\varphi_2}) - \varphi_2| \leqq \alpha, |\arg[z_1 - h(z_2, \lambda)] - \beta(z_2, \lambda)| \leqq \alpha\},$$

où $\beta(z_2, \lambda)$ désigne la direction de la normale intérieure au point $z_1 = h(z_2, \lambda)$ à la courbe $\mathrm{E}[z_1 = h(z_2, \lambda), (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)]$.

Théorème 1. — *Soit $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ une fonction régulière dans $\mathfrak{M}^4$ et appartenant à la classe $\mathcal{H}_p$ $(p > 1)$. Pour presque tout point $\{\lambda, \varphi_2\}$ la limite*

$$f(\lambda, \varphi_2) = \mathbf{L}[\mathcal{F}(z_1, z_2)], \qquad \mathbf{L}[\ ] \equiv \lim_{\substack{\{z_1, z_2\} \in \mathcal{E}^4(\lambda, \varphi_2, \alpha) \\ \{z_1, z_2\} \to \{h(e^{i\varphi_2}, \lambda), e^{i\varphi_2}\}}} [\ ], \qquad \left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right)$$

existe et l'on a $\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2)|^p d\lambda\, d\varphi_2 < \infty$.

Théorème 2. — *Soit $f(\lambda, \varphi_2)$ une fonction de la classe L^p $(p > 1)$ vérifiant la condition* **N**. *Il existe une fonction $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ de la classe $\mathcal{H}_p$, régulière dans $\mathfrak{M}^4$ et telle qu'on ait pour presque tout point (λ, φ_2)*

$$\mathbf{L}\left[\mathrm{Re}\left(\mathcal{F}(z_1, z_2)\right)\right] = f(\lambda, \varphi), \qquad \left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right) \qquad (\mathrm{Re} = \text{la partie réelle}).$$

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *L'étoile triple spectroscopique* H. R. 6497. Note de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Poursuivant la recherche des étoiles multiples spectroscopiques parmi les astres à spectre composite du *Draper Catalogue*, nous croyons pouvoir signaler une réplique du système triple de 59 Serpent [1]. Classée de même

---

(1) D. B. Mac Laughlin, *Astrophysical Journal*, 88, 1938, p. 356; R. Tremblot, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 491.

comme réunissant les caractères des classes A_0 et G, l'étoile H. R. 6497 ([2]) se présente comme simple dans les instruments les plus puissants; aucune mesure de vitesse radiale n'en a encore été publiée et les données permettant d'évaluer la magnitude absolue restent très incertaines.

D'après cinq spectrogrammes, dont la dispersion est de 16 Å par millimètre vers 3930 Å, obtenus au moyen du télescope de l'Observatoire de Paris installé à Forcalquier ($0^m,81$ d'ouverture), les analogies paraissent très étroites entre ces deux systèmes stellaires. Ici encore, l'ensemble du spectre accuse tous les caractères du type G_0 ou G_5, à l'exclusion des raies du calcium et de l'hydrogène, dont l'aspect est celui présenté ordinairement par les classes A_0 ou A_2, l'existence de plusieurs astres étant d'ailleurs attestée par le faible contraste des raies du fer. Tandis que ces dernières sont restées fortement décalées vers le violet pendant l'intervalle des observations, la raie [K] du calcium s'est dédoublée en deux composantes d'intensité légèrement inégale; sur trois clichés, la raie H_ε, de structure complexe, montre une composante bien définie accusant la même vitesse radiale que $[K_1]$. La différence entre la vitesse radiale de l'étoile principale et celle du centre des masses du système de type A, atteignant au moins 50 km. sec. à la date des observations, laisse prévoir une valeur de moins d'un an pour la période la plus longue, et les mesures notées ci-dessous montrent d'autres analogies entre les éléments orbitaux de ce système et ceux de 59 Serpent.

	Mars 1939.				
	2,187.	3,190.	4,150.	4,206 ([3]).	11,178.
Composante G (km. sec.)......	−42	−44	−47	−31	−48
Composante A (km. sec.)......	−45	+66	+38	+17	+109
	+73	+104	+62		−94

Le contraste suffisant des raies de l'étoile G, ainsi que l'excellente définition de la raie [K] aux diverses phases de l'orbite permettront sans doute de classer cet astre parmi les étoiles multiples spectroscopiques les plus favorablement placées pour une étude précise ([4]).

([2]) Magnitude visuelle 5,98; Coordonnées pour 1900,0 17^h21^m, $+7°41'$.

([3]) D'après un cliché sous-exposé.

([4]) L'étoile H. R. 6450, de magnitude visuelle 6,30 et de classe $B8p+G$, inobservable de l'hémisphère boréal, mériterait sans doute une étude spectroscopique détaillée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'indiscernabilité des corpuscules.*
Note (¹) de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous définirons ainsi la discernabilité et l'indiscernabilité : un corpuscule appartenant à un certain ensemble sera dit : *a. discernable* des autres corpuscules de cet ensemble s'il y a au moins un caractère lié à des résultats d'expériences par lequel il diffère des autres corpuscules ; *b. indiscernable* des corpuscules d'un sous-ensemble de l'ensemble considéré s'il n'existe aucun caractère lié à des résultats d'expériences par lequel il diffère de tout autre corpuscule du sous-ensemble.

Si les corpuscules d'un ensemble sont discernables les uns des autres, on peut établir entre les éléments de cet ensemble une ordination ayant une signification physique, et inversement *la possibilité d'une ordination et la discernabilité sont physiquement équivalentes.* La discernabilité et l'indiscernabilité ont un caractère objectif contrôlable expérimentalement. Une théorie supposant l'indiscernabilité n'est pas réductible à une théorie supposant la discernabilité et réciproquement.

2. Adoptons maintenant comme hypothèse l'indiscernabilité des corpuscules de même espèce indépendamment de toute considération quantique. Nous dirons qu'il y a *déterminisme des positions* si l'on peut, à partir de mesures initiales convenables, fixer à chaque instant la position des corpuscules du système, *indéterminisme des positions* dans le cas contraire. On peut alors établir que, *si un système contient des corpuscules indiscernables, il y a indéterminisme des positions de ces corpuscules.*

De même nous dirons qu'il y a *déterminisme des quantités de mouvement* si les quantités de mouvement des différents corpuscules du système peuvent, à partir de certaines mesures initiales, être données en fonction du temps, *indéterminisme* dans le cas contraire. On démontre alors que *pour un système contenant des corpuscules indiscernables, s'il y a déterminisme des quantités de mouvement (ce qui exige qu'elles soient toutes égales), on ne peut effectuer simultanément la mesure des quantités de mouvement et la mesure des positions (excepté si tous les corpuscules indiscernables sont au même point).*

D'autre part on établit que *la possibilité ou l'impossibilité des mesures simultanées de deux grandeurs* A *et* B *pour un certain système* S *ne dépend*

(¹) Séance du 13 mars 1939.

pas du résultat des mesures. Par suite si dans un cas la mesure simultanée est impossible, elle l'est dans tous les cas. Il s'ensuit que *la mesure simultanée des quantités de mouvement et des positions des corpuscules indiscernables appartenant à un système S est impossible*. Appelons *déterminisme mécanique* le cas où il y a à la fois déterminisme des positions et déterminisme des quantités de mouvement; les théorèmes précédents entraînent qu'*il ne peut y avoir déterminisme mécanique pour un système physique contenant des corpuscules indiscernables*.

3. Ces résultats concernant les systèmes contenant des corpuscules indiscernables ont pour conséquence que *le mouvement d'un corpuscule unique n'obéit pas au déterminisme mécanique*. On ne peut mesurer simultanément sa quantité de mouvement et sa position. De là on établit pour un système quelconque, contenant ou non des corpuscules indiscernables, que son mouvement n'obéit en aucun cas au déterminisme mécanique; on ne peut mesurer simultanément la quantité de mouvement et la position d'un corpuscule du système.

De ce fait, on ne peut énoncer simultanément une proposition sur la valeur de la quantité de mouvement et une sur la position; il est nécessaire de modifier les lois sur le produit logique et d'employer une logique que nous avons définie antérieurement ([2]).

Désignons par σ_x, σ_{v_x}, σ_{p_x} les écarts types respectivement de la coordonnée x, de la composante v_x de la vitesse et p_x de la quantité de mouvement. Les théorèmes précédents entraînent que

$$\sigma_x + \tau\sigma_{v_x} > 0; \qquad \sigma_x + \frac{\tau}{u}\sigma_{p_x} > 0,$$

l'égalité étant exclue. Soient a et b des nombres positifs ou nuls. On aura

$$\sigma_x \tau\sigma_{v_x} \geq a; \qquad \sigma_x \frac{\tau}{u}\sigma_{p_x} \geq b.$$

Pour retrouver les relations de Heisenberg il faut poser un postulat, d'après lequel b est indépendant des constantes caractérisant les corpuscules et égal à $h/4\pi$.

Conclusion. — L'indiscernabilité, c'est-à-dire le renoncement à l'individualité des corpuscules (préconisé par M. Langevin), entraîne l'indéterminisme. Ainsi l'on peut considérer l'indéterminisme, non comme une conséquence des quanta, mais comme une conséquence de l'indiscernabilité.

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 481 et 958.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations du photon.* Note de M. **Georges Biben**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si la recherche de l'équation de la surface caractéristique ou onde, au sens de M. Hadamard, d'une équation aux dérivées partielles du second ordre est aisée, des difficultés se présentent lorsque l'on veut en aborder l'étude dans le cas des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre.

M. Racah (¹), puis moi-même indépendamment, avons trouvé en appliquant un procédé de calcul indiqué par M. Levi-Cività (²), l'équation de la surface caractéristique du système d'équations de M. Dirac, à savoir

$$G(x, y, z, t) = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 - \frac{1}{c^2} P_4^2 = 0$$

avec

$$P_1 = \frac{\partial G}{\partial x}, \qquad P_2 = \frac{\partial G}{\partial y}, \qquad P_3 = \frac{\partial G}{\partial z}, \qquad P_4 = \frac{\partial G}{\partial t},$$

qui est aussi, comme il fallait s'y attendre, l'équation de la caractéristique de l'équation de Gordon.

J'étends dans ce travail la méthode aux deux systèmes d'équations du photon.

Ecrivons les équations du photon

$$\text{(I)} \quad \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = \left[\left(\frac{\mathcal{A}_1 + \mathcal{B}_1}{2}\right)\frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{\mathcal{A}_2 + \mathcal{B}_2}{2}\right)\frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{\mathcal{A}_3 + \mathcal{B}_3}{2}\right)\frac{\partial}{\partial z} + x\mu_0 c\left(\frac{\mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\Phi_{ik},$$

$$\text{(II)} \quad 0 = \left[\left(\frac{\mathcal{A}_1 - \mathcal{B}_1}{2}\right)\frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{\mathcal{A}_2 - \mathcal{B}_2}{2}\right)\frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{\mathcal{A}_3 - \mathcal{B}_3}{2}\right)\frac{\partial}{\partial z} + x\mu_0 c\left(\frac{\mathcal{A}_4 - \mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\Phi_{ik},$$

sous la forme explicite (j'écris seulement la première équation de chaque système)

$$\text{(I')} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial x} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial x} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial y} - \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{13}}{\partial z} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{31}}{\partial z} - x\mu_0 c\Phi_{11}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots ; \end{array} \right.$$

$$\text{(II')} \quad \left\{ \begin{array}{l} 0 = \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial x} - \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial x} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial y} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{31}}{\partial z} - \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{13}}{\partial z}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{array} \right.$$

(¹) *Rend. Accad. Lincei*, 6, vol. XIII, p. 424-427.

(²) *Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes* (traduit de l'italien par M. Brelot, Paris, Librairie Alcan).

Soit $G_1(x, y, z, t)$ l'équation de la caractéristique du système (I′): en posant

$$P_1 = \frac{\partial G}{\partial x}, \qquad P_2 = \frac{\partial G}{\partial y}, \qquad P_3 = \frac{\partial G}{\partial z}, \qquad P_4 = \frac{\partial G}{\partial t}.$$

On trouve, après un calcul assez long,

$$G_1(x, y, z, t) = (2^{16}) \left(\frac{P_4}{c}\right)^8 \left[\frac{1}{c^2} P_4^2 - P_1^2 - P_2^2 - P_3^2 \right] = 0,$$

ce qui donne, soit $P_4 = 0$, soit alors

$$\frac{1}{c^2} P_4^2 - P_1^2 - P_2^2 - P_3^2 = 0,$$

qui représente l'onde lumineuse.

Le même calcul appliqué au système (II′) donne

$$G_2(x, y, z, t) \equiv 0,$$

qui nous montre qu'il n'y a pas propagation d'onde.

Ces résultats peuvent s'interpréter comme étant une justification du théorème de M. L. de Broglie sur la compatibilité des systèmes (I) et (II).

De plus ils nous montrent que seul le système I représente, ainsi que l'avait déjà admis M. de Broglie dans *Une nouvelle conception de la lumière*, l'équation formelle du photon.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la masse du mésoton et des autres particules élémentaires.* Note de MM. **A. Proca** et **S. Goudsmit**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le processus de correspondance, extrêmement fécond, qui a donné naissance à la notion de spin des particules élémentaires, ne nous semble pas avoir été poussé jusqu'à la limite de ses conséquences logiques. En effet, par ce processus, on confère à une particule une seule des propriétés essentielles qui résultent, pour un corps macroscopique, de sa rotation, à savoir un moment cinétique. Or un pareil corps possède également, en vertu de sa rotation, une énergie supplémentaire; on est donc en droit de se demander si, pour des raisons de correspondance, une partie de l'énergie de la particule n'est pas due à la présence du spin et ne varie pas avec elle. Cette idée, généralisée, conduit aux suggestions suivantes, dont on trouvera une discussion dans un autre recueil.

Physiquement, une particule n'est pas complètement décrite uniquement par ses quatre coordonnées x^r et ses moments p_r. En une première approximation, nous achèverons cette description en donnant deux autres couples de variables canoniquement conjuguées (x^e, p_e) et (x^s, p_s) correspondant respectivement à la charge [1] et au spin. A cause des théorèmes de conservation, il est clair que ces grandeurs seront représentées *par les moments* p_e et p_s; nous supposerons p_e proportionnel à e et p_s proportionnel au spin sS, ou plutôt p_s^2 proportionnel à $s(s+1)\mathrm{S}^2$. L'espace de configuration sera défini par l'intervalle élémentaire

$$ds^2 = \sum_1^4 (dx^r)^2 + \lambda_s (dx^s)^2 + \lambda_e (dx^e)^2.$$

Admettant que les trajectoires sont des géodésiques de cet espace, on obtient une mécanique des particules libres qui se raccorde avec la mécanique classique de la relativité pour des particules sans charge ni spin, de masse au repos μ_0.

Des raisonnements calqués sur ceux de la relativité restreinte permettent d'établir la formule qui donne la masse d'une particule au repos :

$$\mathrm{M}^2 = \mu_0^2 - s(s+1)\frac{\mathrm{S}^2}{\lambda_s c^2} - \frac{p_e^2}{\lambda_e c^2}, \tag{1}$$

μ_0, masse *matérielle*, vraie (celle d'une particule sans spin ni charge); M, masse *apparente* (celle qu'on mesure et qui est telle que $\mathrm{M}c^2 = p_0$ représente l'énergie propre).

D'après cette formule, la masse mesurée se compose d'une contribution matérielle, d'une contribution du spin, et d'une troisième contribution due à la charge (auxquelles s'ajoute une quatrième due à l'énergie cinétique, c'est-à-dire à la vitesse, si celle-ci n'est pas nulle). Deux particules identiques, mais différemment chargées doivent avoir, d'après cette formule, des masses différentes; cela rend compte du fait que le proton et le neutron n'ont pas la même masse. Cette formule permet aussi de donner un critérium différenciant les particules lourdes des particules légères. En effet, il semble bien établi aujourd'hui qu'un électron perd absolument toute individualité dans le noyau; cela suggère que pour les particules légères $\mu_0 = 0$ et pour les particules lourdes $\mu_0 \neq 0$.

---

[1] Suivant une idée très féconde, développée par O. Klein.

La masse de l'électron serait due exclusivement à la charge et à son spin ; lorsque ces éléments sont cédés au noyau, l'électron s'évanouit, et accuse ainsi l'analogie avec le photon à laquelle nous a habitué la théorie de Fermi. La formule des particules légères s'écrit donc

$$m^2 = \frac{s(s+1)S^2}{\lambda_s c^2} - \frac{p_e^2}{\lambda_e c^2}. \tag{2}$$

Les hypothèses précédentes sont très générales; il est d'autant plus curieux de constater qu'elles conduisent, dans le cas du mésoton, à une coïncidence inattendue. En appliquant (1) et (2) au proton ($s = 1/2$, $M_P = 1{,}00813$ unités atomiques), au neutron ($s = 1/2$, $M_N = 1{,}00897$), à l'électron ($s = 1/2$, $m_e = 0{,}000548$) et au mésoton ($s = 1$, $m_Y = ?$), on déduit que la masse du mésoton est du même ordre que celle de la particule de Yukawa

$$m_Y \sim 100\, m_e \quad (^2).$$

En fait, d'après cette théorie, la masse du mésoton serait donnée, en fonction de celles du proton, du neutron et de l'électron par la relation

$$m_Y = \sqrt{\frac{5(M_N^2 - M_P^2) + 8m_e^2}{3}}.$$

Cette théorie réduit donc la diversité des masses élémentaires connues à une seule masse fondamentale, de nature matérielle, μ_0, ayant une valeur intermédiaire entre la masse du neutron et celle du proton.

Le neutrino ne trouve pas de place dans la théorie ; celle-ci ne peut pas

---

(2) Cette valeur calculée pour $s = 1$ coïncide avec celle que Yukawa avait cru pouvoir déduire des forces nucléaires. Pour le mésoton présent dans le rayonnement cosmique, les expérimentateurs penchent aujourd'hui plutôt pour la valeur $200\, m_e$. On ne peut cependant pas opposer cette conclusion au résultat théorique, d'une part parce que les mesures ne sont pas encore suffisamment précises et, d'autre part, parce que l'on ignore absolument quel est le spin de la particule du rayonnement cosmique. A ce sujet, quand on examine les résultats des diverses mesures, on ne peut pas ne pas être frappé par l'*énorme dispersion* de ces résultats expérimentaux, qui ne semblent pas converger vers une valeur unique. Cette dispersion est beaucoup plus grande que les limites d'erreur admises. Elle peut naturellement être due à l'impossibilité de faire des mesures exactes; on pourrait cependant hasarder l'hypothèse que dans le rayonnement cosmique, on trouve en réalité *tout un spectre* de mésotons, différant par leur masse, donc, d'après la théorie précédente, par leur spin. La variété la plus fréquente serait celle de spin 2, dont la masse est précisément $200\, m_e$.

expliquer, sous sa forme actuelle, à la fois le fait que $M_{Neutron} > M_{Proton}$ et que $m_{neutrino} < m_{électron}$. De même, l'existence de la particule manquante de charge *e* et de spin nul est interdite.

Il est cependant évident que la forme actuelle de la théorie est incomplète, non seulement parce qu'on ne tient pas compte de la quantification, mais aussi et surtout parce qu'on n'introduit certainement pas *toutes* les coordonnées nouvelles nécessaires à la description des particules, parce qu'on n'examine qu'une *projection* de l'Univers total.

ÉLECTROLYSE. — *Étude polarographique des électrodes inaltérables polies. Analogie de structure d'une surface de Beilby et de la surface du mercure liquide*. Note de M. **Félix-Jean Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé [1] la grande résistance du contact métal poli-électrolyte. Par la suite, cette propriété nous a permis d'effectuer par voie électrostatique une étude de la zone de passage électrolyte-métal poli [2]. Nous avons utilisé pour cela de petites électrodes formées d'un fil métallique soudé au verre, sectionné au ras de celui-ci, et poli. Plusieurs métaux ont été ainsi étudiés et tout spécialement le platine.

Le montage polarographique classique nous a rendu possible l'étude de ces propriétés dans un domaine différent. La méthode électrostatique citée plus haut était caractérisée par la faible énergie empruntée au système pour les mesures, mais ne permettait pas de soumettre la zone de passage à des tensions supérieures à $\pm$ 0,2 volt environ. Le polarographe permet au contraire de la soumettre à des tensions pouvant atteindre 2,5 volts et d'étudier l'énergie absorbée.

Les résultats ainsi obtenus sont caractérisés dans leur ensemble par la grande analogie qu'ils présentent avec ceux que fournit l'électrode à gouttes de mercure [3].

1° Lorsque l'on se sert d'une micro-électrode polie comme cathode et d'une grande lame de platine comme anode, on obtient des polarogrammes caractérisant l'électrolyte, très voisins de ceux que fournit l'électrode à gouttes. C'est ainsi que l'on retrouve pour la décharge des ions Cd'', NH'_4,

---

(1) A. Grumbach et F. J. Taboury, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1178.

(2) F. J. Taboury, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1953, et **207**, 1938, p. 138.

(3) J. Heyrovsky, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1044.

Ca'' les mêmes tensions qu'avec le mercure. De faibles teneurs entraînent l'apparition d'un courant de saturation dont la valeur est liée à la concentration. L'ion Cd'' en solution ammoniacale et en présence de sulfite de soude est ainsi décelable jusqu'à des teneurs de l'ordre de 10^{-7} N. On enregistre vers 1.3 volt une légère augmentation de courant que l'on ne rencontre pas avec le mercure dans les conditions ordinaires. Ce phénomène doit être dû à une légère décharge des ions H.

2° Les diagrammes obtenus avec l'électrode polie comme anode ressemblent aux diagrammes cathodiques. L'intensité très faible au début subit un accroissement rapide d'allure exponentielle pour une tension caractérisant l'anion et sa concentration. Contrairement au cas du mercure, aucune précaution n'a besoin d'être prise avec l'électrolyte pour réduire le courant initial qui est toujours très faible. Les solutions aqueuses étendues donnent en général une *vague* aux environs de 1,1 volt, limitant les enregistrements à grande sensibilité. Cette *vague* semble être la même que celle qui a été signalée avec l'électrode à gouttes et attribuée à la dissolution du mercure ([4]). On ne peut songer ici à une attaque du platine, car l'électrode ne perd pas son poli même après un grand nombre d'électrolyses de ce genre. Il faut probablement envisager une réaction du solvant et de ses ions OH. Ainsi un acide presque anhydre comme l'acide sulfurique concentré ne donne rien de semblable et l'intensité reste négligeable jusque vers 2 volts. En dessous du seuil présenté par les solutions aqueuses étendues, on a observé les seuils des ions Cl', Br' aux mêmes places que celles qui ont été signalées avec l'électrode à gouttes ([4]). Celui de l'anion SO_3'' est situé vers 0,3 volt.

L'analogie des résultats fournis par ces deux types d'électrodes conduit à chercher entre elles une similitude de structure. A ce sujet, une hypothèse a déjà été formulée par Beilby ([5]), suivant laquelle la surface polie d'un métal aurait une constitution amorphe semblable à celle d'un liquide. Ce point de vue a été justifié par French ([6]) et d'autres, grâce à l'analyse électronique. On est donc en droit de penser que la nature de la surface des électrodes est un facteur fondamental dans leur fonctionnement. Nous avons d'ailleurs déjà montré que les propriétés des électrodes polies ne se retrouvent pas dans le cas des électrodes dont la surface microcristalline a

---

([4]) J. Revenda, *Coll. Trav. Ch. Tchéco.*, 6, 1934, p. 453.

([5]) *Aggregation and flow of solids*. London, 1921.

([6]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 140, 1933, p. 637.

été obtenue par fusion et refroidissement avant chaque opération [1]. L'étude polarographique de ces dernières montre qu'elles laissent passer une grande intensité de courant même à très basse tension.

OPTIQUE. — *Distance maxima de visibilité distincte au travers d'un milieu trouble.* Note [1] de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

L'expérience montre que les détails d'un objet immergé dans un liquide trouble n'apparaissent que si cet objet est voisin de la surface. Pour prendre un exemple concret, considérons une suspension de grains de gomme-gutte sphériques calibrés mesurant chacun $0^{\mu},5$ de diamètre, précipités par l'eau dans une solution alcoolique, puis sélectionnés par centrifugation. Immergeons dans cette solution, parallèlement à la surface, une plaque métallique sur laquelle est gravé un trait. Lorsque la profondeur d'immersion augmente, le trait, d'abord visible avec netteté, devient flou, puis enfin disparaît. Si, au lieu d'un trait, la lame métallique porte deux traits voisins et parallèles, ceux-ci, bien que flous, sont distingués si la plaque métallique est proche de la surface. Plus les traits sont rapprochés, plus la profondeur d'immersion doit être faible pour que les traits soient distincts. Bref on peut, pour un test objet donné consistant, par exemple, en une série de traits parallèles, caractériser une suspension par la profondeur maxima d'immersion du test telle que les traits du réseau soient distincts et susceptibles d'être comptés. La même caractérisation s'appliquerait à un brouillard au travers duquel on s'efforcerait de compter les barreaux d'une grille.

J'ai construit sur ce principe un appareil destiné à l'examen de suspensions très denses. L'appareil se compose essentiellement (*fig.* 1) d'une platine P solidaire d'un socle S, sur lequel sont gravés des traits parallèles à $1/2^{mm}$ les uns des autres, et d'une grosse lentille L, hémisphérique, qui joue le double rôle de condenseur et de loupe, et dont la face plane vient s'appliquer contre la platine, lorsqu'on visse à fond la monture de la lentille sur le socle. Un dispositif d'éclairage approprié complète l'appareil.

Une grosse goutte de la suspension est déposée sur la platine, et l'on

---

(1) Séance du 13 mars 1939.

écrase cette goutte, progressivement, jusqu'à ce que les traits du réseau apparaissent distincts, au point qu'on puisse les compter; en dévissant alors légèrement la lentille, on brouille le réseau; en la revissant on fait réapparaître les traits; l'observation est précise. L'épaisseur de la couche liquide comprise entre la surface plane de la lentille et le réseau mesure alors la distance maxima de visibilité distincte au travers de la suspension.

On vérifie que les lectures faites par plusieurs observateurs sont concordantes, et qu'elles sont indépendantes de l'intensité de l'éclairage, à la condition que celui-ci soit suffisant.

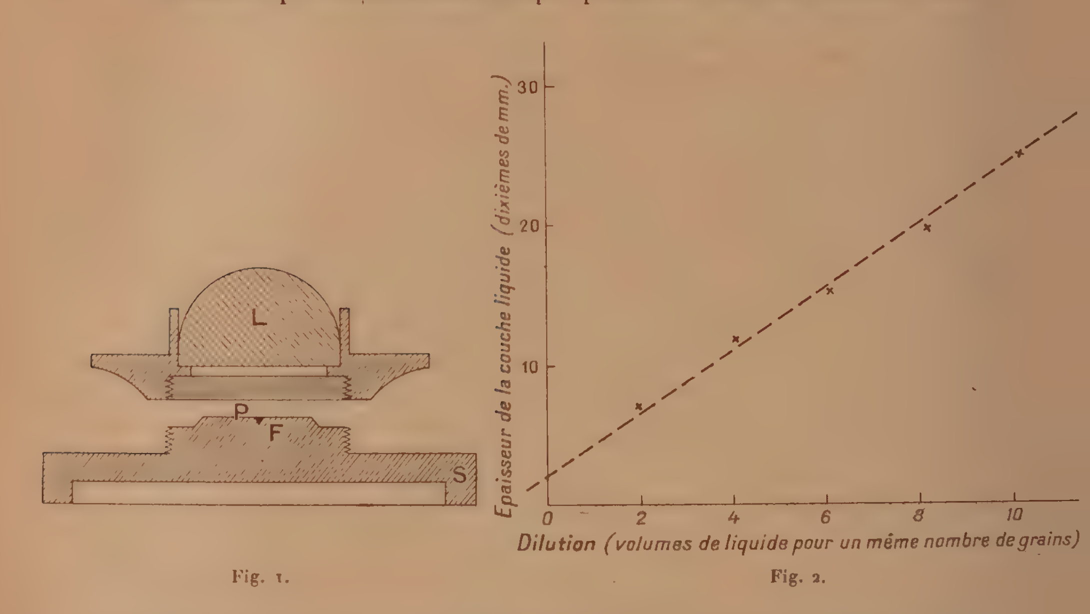


Fig. 1. Fig. 2.

Des suspensions de titres divers ont été préparées par dilution de la suspension mère, à 2, 4, 6, 8 et 10 fois son volume initial; j'ai trouvé, pour les épaisseurs maxima de liquide au travers desquels les traits étaient distincts, 8, 13,5, 18, 23 et 29 dixièmes de millimètre. La courbe obtenue en portant en abscisses les dilutions et en ordonnées ces épaisseurs est une droite qui coupe l'axe des ordonnées un peu en dessus de l'origine (ceci en raison sans doute du volume occupé par les grains dans le liquide) (*fig.* 2).

Ce résultat est confirmé pour une suspension de grains de gomme-gutte de 5^{μ}, et pour une huile de vidange prélevée dans un carter de moteur (goudrons et carbone en suspension) étendue progressivement avec de l'huile neuve. Dans les trois cas, on peut conclure que :

Le trouble de la visibilité au travers d'une suspension comprenant une certaine espèce de grains (diffusion de la lumière à partir de centres multiples) ne dépend que du nombre de ces grains et est indépendant de leur dilution.

Dans le cas des solutions, on savait déjà que l'*absorption* de la lumière par les molécules dissoutes ne dépend que du nombre de ces molécules et qu'elle est indépendante de leur dilution (loi de Beer). Le rapprochement s'impose.

La distance maxima de visibilité distincte au travers d'une suspension étant fonction de l'écartement des traits du réseau auquel il se rapporte, j'ai fait graver, pour étudier l'influence de ce facteur, quatre réseaux comportant respectivement 14, 18, 29 et 50 traits identiques au millimètre. Pour une même suspension de grains de gomme-gutte, les épaisseurs de la couche liquide au travers de laquelle les traits pouvaient être séparés ont été respectivement de 55, 50, 45 et 35 dixièmes de millimètre. Ces épaisseurs sont sensiblement en raison inverse des nombres de traits, tout au moins pour les réseaux à traits rapprochés comportant de 20 à 50 traits au millimètre.

Il est à prévoir, et il se vérifie, que la coloration du liquide, comme l'intensité de la lumière, est sans influence sur la distance maxima de visibilité distincte au travers d'une suspension. Cette remarque justifie l'application de cette caractérisation aux huiles polluées prélevées dans les carters des moteurs à combustion interne.

PHOSPHORESCENCE. — *Influence du champ électrique sur la forme des bandes d'émission en électrophotoluminescence.* Note [1] de MM. **G. Destriau** et **Loudette**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous a signalé [2] que parmi les actions des champs électriques sur les composés photoluminescents, il était notamment possible d'exciter la luminescence sous la seule action des champs électriques variables intenses. L'observation des spectres émis lors de l'excitation en champ sinusoïdal révélait une légère déformation de la bande d'émission (bande α).

---

[1] Séance du 13 mars 1939.

[2] G. Destriau, *Journ. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 117, 327 et 462; *Soc. franç. Chim. Phys.*, Paris, 1938; *Soc. Sci. Phys. et Nat. de Bordeaux*, 1937; *Trans. of the Far. Sty.*, 35, 1939, p. 227.

Nous nous sommes proposé d'étudier quantitativement cette déformation. Nous avons conservé le dispositif expérimental qui consiste à placer la substance luminescente dans l'huile entre deux électrodes planes dont l'une est transparente, les cellules ainsi constituées étant soumises à des tensions sinusoïdales de fréquence 50 périodes.

On a montré que, dans ces conditions, la loi reliant l'intensité de l'émission I à la tension efficace appliquée V est de la forme

$$I = A e^{-\frac{B}{V}}.$$

Si, dans une même bande d'émission, le coefficient B est indépendant de la longueur d'onde, les modifications de tension ne produiront aucune déformation de cette bande, mais si le coefficient B dépend au contraire de la longueur d'onde, la bande se déformera régulièrement, le maximum se déplaçant vers les régions à B élevé, à mesure qu'on augmentera la tension. Tout revient donc à déterminer pour une même bande les valeurs de B dans différentes régions spectrales.

A cet effet nous avons utilisé un spectroscope à déviation constante dont la fente dans sa moitié supérieure est obturée par une feuille translucide éclairée par une lampe à argon disposée à distance variable. La lumière émise par la cellule est renvoyée sur la moitié inférieure de la fente à l'aide d'un prisme à réflexion totale. Grâce à ce dispositif on obtient à la fois l'un au-dessus de l'autre, d'une part, le spectre de luminescence en étude, d'autre part, le spectre de l'argon servant de référence. La fente est choisie assez large de manière à ce que les raies de l'argon soient suffisamment étalées pour permettre les comparaisons photométriques; pour faciliter ces dernières nous avons disposé dans le plan du micromètre un diaphragme rectangulaire étroit de manière à ne conserver dans le champ d'observation qu'une région spectrale réduite.

Dès lors, il suffit de construire les droites $\log I = f(1/V)$ dans les régions voisines des raies de l'argon; les coefficients angulaires de ces droites fournissant immédiatement les valeurs de B. Les variations d'éclairement de la feuille translucide sont obtenues par déplacement de la lampe à argon et l'on applique la loi de l'inverse du carré des distances.

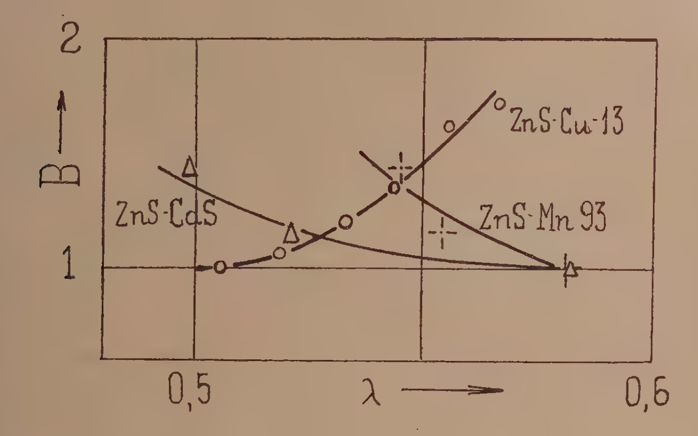
Afin d'éliminer l'erreur provenant de ce que les courbes $\log I = f(1/V)$ ne sont pas exactement des droites, mais présentent une très légère concavité vers le haut, nous nous sommes arrangés, en choisissant les feuilles translucides plus ou moins épaisses, de façon que toutes les mesures photo-

métriques relatives à une même bande d'émission soient effectuées toujours entre les mêmes limites de tension.

En ce qui concerne deux échantillons, l'un ZnS-Mn Guntz 93 et l'autre ZnS-CdS à 20 pour 100 de CdS, les résultats qualitatifs déjà signalés ont été confirmés, le coefficient B varie avec la longueur d'onde, il est plus fort aux courtes longueurs d'onde, d'où en accroissant la tension les bandes correspondantes se déforment, le maximum se déplaçant vers le violet.

Nous avons étudié de même la bande d'émission d'un sulfure de zinc à phosphorogène de cuivre Guntz 13 très sensible au champ mais peu phosphorescent et qui, de ce fait, avait été délaissé dans les premières mesures qualitatives signalées au début. Ici les variations de B se font en sens inverse, les plus grandes valeurs correspondant aux plus grandes longueurs d'onde et par suite le maximum se déplace ici vers le rouge à mesure qu'on accroît la tension.

L'ensemble de ces résultats est résumé sur les courbes de la figure qui donnent les variations de B pour les trois sulfures étudiés. Pour l'établissement de ces courbes on a pris pour unité de B dans chacune des bandes, le minimum observé.



RAYONS X. — *La diffusion des rayons X par les cristaux et les corps microcristallisés.* Note ([1]) de M. André Guinier, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons étudié, par la méthode photographique, la répartition en fonction de l'angle de diffusion, de l'intensité du rayonnement diffusé par un corps cristallisé traversé par un faisceau de rayons X monochromatiques (diffusion en dehors des directions de réflexion cristalline). Le montage utilisé, qui a déjà été décrit ([2]), permet d'avoir un faisceau monochromatique très intense et d'éliminer tout voile parasite sur le cliché. Le rayonnement primaire est constitué par le doublet Cu, $K_{\alpha_1\alpha_2}$ que notre monochromateur ne peut pas séparer. Les corps étudiés sont choisis de façon que les rayons X qu'ils émettent par fluorescence puissent être facilement séparés de la radiation diffusée, par un écran absorbant placé au contact de la pellicule. Cet écran arrête aussi le rayonnement de luminescence que certains cristaux émettent sous l'influence des rayons X; le diamant par exemple donne, outre une lumière verte, un rayonnement ultraviolet de courte longueur d'onde (absorbable par l'air).

Ce que nous avons mesuré est la somme des intensités de rayonnements de deux sortes : le rayonnement diffusé de Compton, dont la longueur d'onde est modifiée, et le rayonnement cohérent, de même longueur d'onde que le faisceau primaire; on admet généralement que ce rayonnement n'existe pas dans la diffusion par un cristal parfait, et qu'il est la conséquence des vibrations thermiques des atomes autour des nœuds du réseau cristallin. L'intensité diffusée est très faible : malgré l'intensité du faisceau primaire (les raies de diffraction normales apparaissent en quelques minutes de pose), il faut poser de 24 à 72 heures, pour que le fond du cliché ait une densité photographique mesurable.

D'après le microphotogramme du cliché, on peut déduire, après une correction pour l'absorption des rayons dans la substance, la variation du coefficient de diffusion aux différents angles. Pour trouver ce coefficient lui-même, il faut d'une part, comparer l'intensité diffusée à celle du faisceau direct, d'autre part mesurer la masse active de l'échantillon : en même

([1]) Séance du 13 mars 1939.

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1115; *Thèse*, Paris, 1939.

temps qu'on fait le diagramme de diffusion, on photographie le faisceau direct convenablement affaibli par un écran absorbant.

Nos mesures, limitées aux angles inférieurs à 45°, ont porté sur le carbone (diamant, cristal de graphite et graphite Acheson) et sur des métaux (aluminium, cuivre, argent, nickel, or). Les courbes reproduites ci-dessous donnent en fonction de l'angle de diffusion θ le nombre n d'élec-

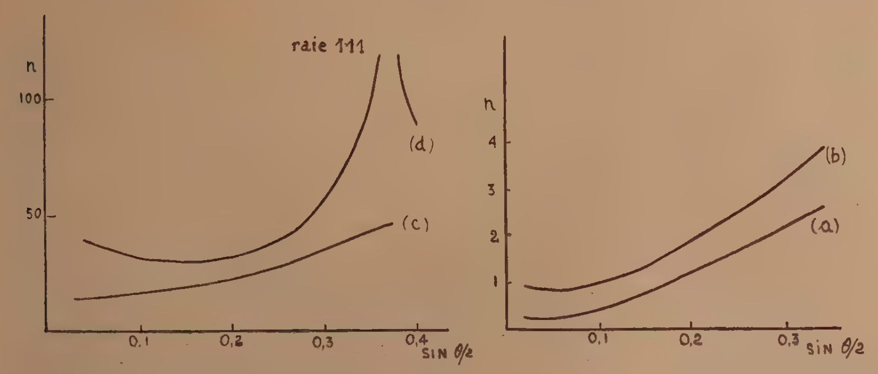


Fig. 1. — Diffusion par le carbone. *a*, diamant; *b*, cristal de graphite.

Fig. 2. — Diffusion par une feuille de cuivre *c*, recristallisée; *d*, laminée.

trons actifs dans le cas du carbone et du cuivre, c'est-à-dire le rapport de l'intensité mesurée rapportée à un atome à l'intensité diffusée par un électron d'après la formule de Thomson. Les résultats trouvés sont les suivants :

1° Nous n'avons pas observé de discontinuités dans la courbe de diffusion, qui soient supérieures aux irrégularités de l'enregistrement microphotométrique dues au grain de la pellicule (environ 5 pour 100). Dans certains clichés, des raies très faibles sont apparues en plus des raies de diffraction normales : elles sont en général dues à des impuretés (car elles disparaissent quand on change d'échantillon); toutefois, une raie très faible et proche de l'origine que donnent des échantillons très purs (argent, or, aluminium) peut s'interpréter comme le résultat de deux réflexions successives sur des plans d'indice différent de deux microcristaux distincts.

2° La diffusion augmente au voisinage des raies de diffraction ; ce résultat est en désaccord avec la théorie de Debye de la répartition de l'intensité de la diffusion cohérente ([3]). Mais Faxen avait prévu un tel effet, sans toutefois

(3) *Ann. der Phys.*, 43, 1914, p. 49.

en donner la valeur ([4]). On a aussi trouvé cet effet dans la diffusion par des monocristaux ([5]).

3° La diffusion ne devient pas nulle aux très petits angles. L'intensité décroît d'abord avec l'angle, puis présente un palier à partir d'un angle variable avec l'échantillon; ce palier, court et d'ordonnée faible dans le cas du diamant, est plus long et plus élevé pour les métaux microcristallisés; ainsi il débute vers 25° dans le cas du cuivre laminé.

Ce résultat expérimental est en contradiction avec la théorie, d'après laquelle le rayonnement Compton, comme le rayonnement diffusé cohérent, doit s'annuler au voisinage de la direction du faisceau incident. Comme cette diffusion dépend de la texture cristalline du corps (carbone diamant et carbone graphite, cuivre écroui et cuivre recristallisé), on peut admettre qu'elle est due au rayonnement diffusé cohérent et non au rayonnement Compton. Il faudrait faire des expériences à différentes températures pour décider si cet effet est fonction de l'agitation thermique des atomes; mais il est certainement influencé par d'autres causes de perturbations du réseau cristallin : déformation par suite du manque de dureté dans le cas du graphite, écrouissage pour les métaux, et aussi présence d'atomes étrangers.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la notion de tension superficielle en physique nucléaire.* Note de M. **Jacques Solomon**, transmise par M. Paul Langevin.

Les recherches récentes sur la rupture des noyaux radioactifs provoquée par les neutrons nécessitent un nouvel examen de la notion de tension superficielle nucléaire ([1]). Cette notion a été introduite par Wick et Weizsäcker pour l'interprétation de la courbe des défauts de masse ([2]). Dans le modèle de la gouttelette liquide, l'existence d'une tension superficielle tient d'une part au fait (constituant l'analogue exact du cas des liquides) que l'énergie potentielle des particules voisines de la surface est différente de celle des particules situées à l'*intérieur* du noyau, et d'autre

---

([4]) *Ann. der Phys.*, **54**, 1917, p. 615.
([5]) J. Laval, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 169.

([1]) J. Solomon, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 570.
([2]) C. G. Wick, *Nuovo Cim.*, **11**, 1934, p. 227; C. F. von Weizsäcker, *Z. Physik.*, **96**, 1935, p. 431.

part au fait que les règles de la mécanique quantique s'opposent à ce que les fonctions d'onde individuelles s'annulent brusquement à la surface de la sphère nucléaire. Les calculs précités ne tiennent compte que de la seconde origine de la tension superficielle et fournissent, à partir des données expérimentales sur les défauts de masse, avec le rayon nucléaire

$$R = 1{,}48.10^{-13} A^{\frac{1}{3}} \text{ cm}, \tag{1}$$

(A nombre de masse) pour énergie superficielle (en MV),

$$G = 13{,}2\, A^{\frac{2}{3}}. \tag{2}$$

Les oscillations propres du noyau peuvent être assimilées aux vibrations d'une sphère fluide de tension superficielle donnée par (2), et les formules de Rayleigh pour le cas d'amplitudes petites vis-à-vis des dimensions nucléaires permettent de calculer les fréquences propres du noyau et la densité des niveaux pour les états excités.

Or la valeur (2) de l'énergie superficielle donne lieu à deux difficultés. Tout d'abord pour la densité des niveaux : l'écart moyen D des niveaux pour une énergie d'excitation U est donné par

$$D = 2{,}75\, A^{-\frac{1}{7}}\, U \left(\frac{U_0}{U}\right)^{\frac{2}{7}} e^{-3{,}39 A^{\frac{2}{7}} \left(\frac{U}{U_0}\right)^{\frac{4}{7}}},$$

avec (M désignant la masse du proton)

$$U_0^2 = \frac{\hbar^2 G}{M R^2}. \tag{3}$$

De (1) et (2) on tire pour U_0 la valeur 17MV, ce qui donne une densité de niveaux beaucoup trop faible. Au contraire, on obtient un bon accord avec les résultats expérimentaux en prenant avec H.-A. Bethe [3] $U_0 = 10$MV.

D'autre part, si l'on veut interpréter les phénomènes de rupture provoquée des noyaux radioactifs comme liés à l'excitation d'une vibration particulière de la gouttelette liquide, il faut se passer de l'hypothèse que les oscillations sont infiniment petites et l'on peut raisonner comme suit : si S est la surface de la goutte au moment de la déformation maxima, on a

$$\frac{S}{4\pi R^2} = 1 + \frac{U}{G}; \tag{4}$$

---

(3) *Rev. Modern Physics*, 9, 1937, p. 88 (en relation avec les *grands* rayons nucléaires qu'il introduit).

la rupture ne peut donc avoir lieu que si U est de l'ordre de G, c'est-à-dire avec la valeur (2) pour A = 239, G = 500 MV, ce qui est incompatible avec les faits expérimentaux.

On peut résoudre simultanément ces deux difficultés en distinguant une tension superficielle *statique* et une tension superficielle *dynamique*. En effet une proportion très importante des protons se trouve à la *surface* du noyau, d'où dans le modèle de la gouttelette une pression électrostatique qui s'exerce en sens inverse de la tension superficielle ([4]). On tient naturellement compte de cette énergie électrostatique dans le calcul des défauts de masse, mais il paraît raisonnable de tenir compte de façon spéciale de son influence sur les vibrations propres, cela revient à diminuer l'énergie G qui intervient dans (3) et (4) d'une fraction θ de l'énergie électrostatique $3Z^2e^2/5R$.

Dans ces conditions, il suffit de prendre θ = 0,39 pour retrouver la valeur de U_0 indiquée par Bethe, c'est-à-dire une valeur correcte de l'écartement des niveaux. De plus dans (4) l'énergie nécessaire pour une déformation importante devient beaucoup plus faible, en accord avec l'expérience. La valeur de θ ne pourrait être déduite que d'un modèle plus précis que celui utilisé jusqu'ici.

On remarquera que, lorsque la déformation est importante, l'énergie superficielle ne peut plus être considérée comme constante, la portée des forces interparticulaires pouvant être du même ordre que l'épaisseur du noyau dans la direction de déformation maxima, ce qui amène la rupture.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission de neutrons lors de la rupture provoquée du noyau d'uranium. Possibilité de réaction par chaîne.* Note de MM. **Charles Haenny** et **Albert Rosenberg**, présentée par M. Jean Perrin.

Le rapport des neutrons aux protons dans les noyaux atomiques étant d'autant plus grand que le numéro atomique est plus élevé, il est naturel que par la scission provoquée ([1]) du noyau d'uranium, il puisse y avoir une émission de neutrons rendue possible par des énergies d'excitation suffisamment élevées. Cette éventualité, immédiatement entrevue par F. Joliot,

---

([4]) L. Meitner et O. Frisch, *Nature*, 143, 1939, p. 239.

([1]) F. Joliot, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341.

a été tout récemment vérifiée à l'aide de mesures d'activation par von Halban, F. Joliot et Lew Kovarski (²).

Chaque neutron absorbé par un noyau d'uranium et provoquant sa rupture pourrait conduire à l'émission de plusieurs neutrons, et l'on conçoit facilement que, dans ces conditions, une source de neutrons placée au centre d'une quantité suffisante d'uranium, devra non plus s'affaiblir pour un observateur extérieur, au fur et à mesure que la couche s'accroîtra, mais au contraire augmenter de plus en plus.

C'est ce que nous avons pu constater dans diverses conditions en utilisant une chambre d'ionisation à hexane (³), instrument de mesure des neutrons rapides, insensible aux neutrons très lents et par ailleurs relativement peu affecté par le rayonnement gamma.

Étudiant à l'aide de cet appareil l'absorption des neutrons par l'urane, nous avions observé, il y a quelque temps, que les neutrons émis par une faible source de Po — Be ne paraissaient pas être absorbés par du nitrate d'uranyle, les neutrons secondaires agissant en compensant l'effet des neutrons primaires absorbés.

Cette même expérience, réalisée ensuite dans de meilleures conditions géométriques avec une source plus forte et surtout des quantités d'uranium beaucoup plus considérables (14^{kg} d'oxyde vert, U^3O^8), nous a alors conduits à l'observation d'un important accroissement du rayonnement de neutrons.

Dans les conditions où nous avons opéré, la source de 10 mc (Rn + Be) étant entourée de 8^{cm} d'oxyde U^3O^8, on observe une augmentation de 20 pour 100 de l'effet produit par les neutrons sur la chambre d'ionisation au lieu d'une diminution qui devrait être de 5 pour 100 si l'on admet une section efficace de capture de 5.10^{-5} cm².

Nous nous sommes tout d'abord assurés que la majeure partie de cet accroissement était bien due à des neutrons en utilisant d'une manière appropriée des écrans de paraffine et de cadmium.

Dans ces expériences, l'effet du rayonnement gamma de la source (Rn + Be) a été atténué par des écrans de plomb de 5^{cm} tout autour de la source et de 10^{cm} en direction de la chambre d'ionisation. Les neutrons primaires ont été partiellement ralentis par un écran cylindrique de paraffine de 4^{cm} d'épaisseur.

(²) *Nature*, **143**, 18 mars 1939, p. 470.

(³) L. Goldstein et A. Rogozinski, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 835.

Cet usage de l'uranium donne ainsi le moyen, par suite de réaction en chaîne (dont la possibilité avait été également envisagée par von Halban, F. Joliot et L. Kovarski, *loc. cit.*), d'accroître considérablement l'intensité de faibles sources de neutrons, qui deviendraient l'origine de sources importantes facilement réalisables dans les laboratoires.

On peut aller plus loin et considérer que de faibles sources pourraient prendre le rôle d'amorce à une réaction qui deviendrait catastrophique pour de très grandes quantités d'uranium.

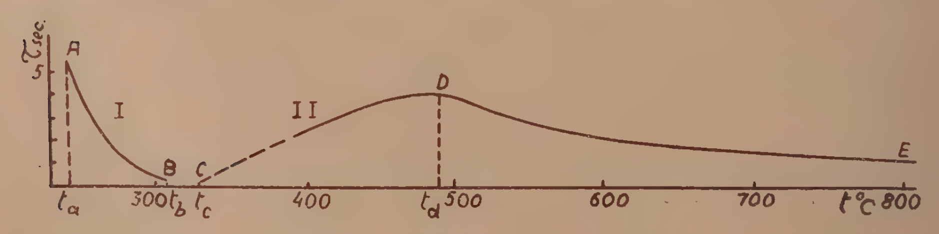
De semblables réactions par chaînes, avant d'être catastrophiques, pourront devenir des sources d'énergie, rendant utilisables les réserves immenses d'énergie nucléaire jusqu'à maintenant peu accessibles.

Ces réactions seront alors capables de donner lieu à la formation de quantités pondérables d'éléments obtenus par transmutation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action du contact d'une surface métallique surchauffée sur quelques substances explosives.* Note [1] de MM. **T. Urbansky** et **Rychter.**

Si l'on projette des cristaux de certains explosifs fusibles sur une surface métallique chauffée au rouge, c'est-à-dire bien au-dessus de la *température d'inflammation* de la matière explosive, on remarque que celle-ci prend l'état sphéroïdal (effet de caléfaction); cet état a pour conséquence un certain retard à l'inflammation.

On peut traduire ces observations en portant en abscisse la tempéra-



ture t, en ordonnée le *temps d'induction* τ qui s'écoule entre le premier contact et l'apparition de la flamme de l'explosion. La courbe ci-dessus a été tracée pour la penthrite. On y remarque deux portions distinctes.

(1) Séance du 3 mars 1939.

La portion I commence en A, à la température minima t_a qui puisse provoquer l'inflammation dans les conditions de nos expériences; une température plus basse ne donne que la décomposition non explosive. Le point β correspond à une température t_b qui provoque une explosion immédiate. Le même effet a lieu pour toutes les températures au-dessus de t_b jusqu'à t_c.

A partir de cette température (courbe II) la substance prend la forme sphéroïdale et ne s'enflamme qu'après un certain temps. La durée d'existence du sphéroïde prend une valeur maxima à la température t_d (²). Voici les principaux résultats obtenus en utilisant comme surface chaude une coupelle de platine chauffée électriquement.

Substances.	Poids des échantillons.	t_a.	t_b.	t_c.	t_d.	τ (à la température t_d).
	g	°	°	°	°	
Penthrite	0,024	240	310	330	490	4,4 secondes
Nitroglycérine ...	0,032	215	250	420	470	2,0 »
Nitroérythrite....	0,024	220	450	460	470	2,7 »
Tolite...........	0,024	390	450	460	530	2,2 »
NH^4NO^3	0,022	340	440	450	550	48,0 »

Il est très intéressant de noter le fait suivant :

La nitroglycérine et la nitroérythrite diffèrent des autres substances essayées par leur comportement aux températures inférieures qui ne provoquent pas la production de l'état sphéroïdal : entre t_a et t_c, on observe en effet une décomposition violente, rappelant une détonation. Les autres matières explosives donnent, dans les mêmes conditions, une décomposition beaucoup plus lente, presque sans bruit, accompagnée seulement de l'apparition d'une flamme.

Toutes les substances, y compris la nitroglycérine et la nitroérythrite, se décomposent au-dessus de t_c *sans explosion* et sans bruit, et seulement avec apparition d'une flamme.

Il nous semble qu'il est possible (au moins partiellement) d'élucider la

(²) L'aspect général des courbes se rapproche de celui des courbes obtenues pour les différents liquides par SWIETOSLAWSKI et ses collaborateurs, H. BLASZKOWSKA, ZAKRZEWSKA, *Bull. Acad. Sci. Pol. Cracovie*, A, 188, 1930; BLASZKOWSKA, *Roczn. Chem.*, 10, 1930, p. 691; W. SWIETOSLAWSKI, S. BAKOWSKI et B. KARPINSKI, *Przem. Chem.*, 14, 1936, p. 518.

cause de la différence entre l'influence des températures plus basses et plus hautes sur la nitroglycérine et la nitroérythrite.

Calculons l'énergie d'activation de ces substances en partant des courbes AB et DE, pour lesquelles on admet l'équation $\tau = c\,e^{E/RT}$:

	Énergie d'activation	
Substances.	E, entre t_a et t_b.	E_s, à l'état sphéroïdal.
Penthrite	22450	4550
Nitroglycérine	37400	4975
Nitroérythrite	33635	5745
Tolite	14000	8210
NH^4NO^3	18510	10460

L'énergie d'activation à l'état sphéroïdal, E_s, est donc nettement plus petite que l'énergie d'activation à l'état non sphéroïdal, et la différence est particulièrement nette dans le cas de la nitroglycérine et de la nitroérythrite.

Aux températures plus basses (entre t_a et t_b) l'énergie d'activation de ces explosifs est considérablement supérieure à celle des autres, et c'est probablement la cause de la détonation présentée par la nitroglycérine et la nitroérythrite dans ces limites de température.

Le processus de la décomposition des substances explosives dans le domaine $t_c - t_e$ est probablement le suivant : la matière fondue prend la forme sphéroïdale et la vapeur formée entre le sphéroïde et la surface métallique s'enflamme au contact de la paroi surchauffée.

Sous l'action de la flamme ainsi produite peut avoir lieu l'explosion du sphéroïde. Nous avons eu l'occasion d'établir que le sphéroïde lui-même ne donne pas toujours d'explosion dans ce cas; il peut rester intact et être projeté à l'extérieur de la coupelle chauffée.

Nous pouvons supposer que la valeur très basse de l'énergie d'activation E_s est justement due à cette *résistance* que présente un explosif à l'état sphéroïdal. Cette faible valeur de E_s semble indiquer l'absence, entre t_c et t_e, de chaînes de réaction longues et ramifiées, qui peuvent exister entre t_a et t_c.

CHIMIE PHYSIQUE — *Sur l'équilibre* $P^4 \rightleftharpoons 2P^2$ *dans la vapeur du phosphore.* Note [1] de M. **Georges Wétroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude thermochimique que je poursuis actuellement sur les composés phospho-azotés, et en particulier l'examen des conditions de formation de la molécule PN [2], nécessite la connaissance de l'énergie mise en jeu au cours de la dissociation de la molécule tétra-atomique de phosphore.

Si l'on recherche dans les travaux antérieurs l'énergie de dissociation de la molécule P^4 en molécules P^2, on trouve deux données pratiquement inconciliables, obtenues pourtant toutes les deux au moyen d'appareillages semblables et dans les mêmes conditions opératoires. En effet les déterminations de la densité de la vapeur du phosphore au moyen d'appareils à manomètres en quartz conduisent, d'après A. Stock, G. Gibson et E. Stamm [3], à admettre pour cette chaleur de dissociation —49,3 Kcal. à 1100° C., tandis que, suivant G. Preuner et I. Brockmöller [4], elle serait seulement de —31,5 Kcal. entre 800 et 1200° C.

J'ai essayé de résoudre cette contradiction en me rapportant aux mesures expérimentales elles-mêmes. Si l'on examine de près le travail de Preuner et Brockmöller, on constate que ces auteurs font intervenir deux réactions équilibrées superposées

$$P^2 \rightleftharpoons 2P - 45{,}5\ \text{Kcal.} \qquad P^4 \rightleftharpoons 2P^2 - 31{,}5\ \text{Kcal.}$$

Or il semble bien, comme on va le voir, que, dans le domaine des températures considérées, cette hypothèse ne soit guère valable; la valeur de —45,5 Kcal. apparaît en effet comme extraordinairement faible pour une scission de la molécule P^2 en atomes. L'étude du spectre de bandes des molécules biatomiques P^2 [5] fournit d'ailleurs un nombre bien plus élevé

$$P^2 \rightleftharpoons 2P - 115{,}45\ \text{Kcal.} \pm 0{,}05.$$

En partant de cette dernière valeur, l'application de la formule simplifiée de Nernst m'a permis de conclure que, même dans les conditions les plus

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 915.

(3) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3527.

(4) *Physik. Chemie*, 81, 1913, p. 129.

(5) G. Herzberg, *Annalen der Physik*, 15, 1932, p. 677.

favorables à la dissociation de la molécule P^2 que Preuner et Brockmöller aient réalisées au cours de leurs mesures (une pression de 89^{mm} de mercure à 1200°C), seulement une molécule P^2 sur un million doit être dissociée en atomes, ce qui est négligeable.

En reprenant alors les données expérimentales de Preuner et Brockmöller avec l'hypothèse correcte d'une dissociation se faisant uniquement en molécules P^2, j'ai obtenu à partir de leurs mesures la valeur de 41 Kcal pour la chaleur de dissociation à volume constant entre 1000 et 1200°C. L'écart entre cette valeur et celle qui est donnée par Stock, Gibson et Stamm (49 Kcal) peut s'expliquer par les difficultés expérimentales inhérentes à ces mesures. Devant l'impossibilité de choisir entre les deux nombres précédents on peut admettre comme valeur moyenne 45 Kcal ± 4.

On peut en déduire la chaleur de dissociation Q_0 au zéro absolu, si l'on connaît les variations avec la température des chaleurs spécifiques des vapeurs P^4 et P^2. Les mesures directes manquent, mais en m'adressant aux expressions établies par la théorie des quanta pour la chaleur spécifique des gaz, j'ai trouvé, en première approximation, les équations ci-dessous entre 300 et 1500°K :

$$C_V = 4,04 + 0,00717.T - 0,063.10^{-4}.T^2 + 1,85.10^{-9}.T^3 \quad \text{pour } P^2.$$
$$C_V = 8,33 + 0,0259\ .T - 0,242.10^{-4}.T^2 + 7,41.10^{-9}.T^3 \quad \text{pour } P^4.$$

Leur emploi permet de calculer Q_0

$$P^4 \rightleftharpoons 2P^2 - 50 \pm 4\,\text{Kcal}.$$

Ce chiffre de base permet d'aborder les problèmes que pose la thermochimie du phosphore. J'en ai déduit, par exemple, la chaleur d'évaporation d'un atome-gramme de phosphore

$$P_{\text{blanc solide}} \rightarrow P_{\text{vapeur monoatomique}} - 73\ \text{Kcal} \pm 2,$$

valeur fort différente du nombre erroné (106 Kcal) donné par Jan-Khan et Samuel (6).

Par ailleurs, Melville et Gray (7) ayant démontré que le phosphore rouge est en équilibre, non pas avec une vapeur composée de molécules P^4, mais uniquement avec des molécules P^2, il est intéressant de calculer la

(6) *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 626.

(7) *The phenomena of Polymerosation and Condensation* (*Discussion by The Faraday Society*, 1935, p. 271).

chaleur d'évaporation d'une molécule P^2 à partir du phosphore rouge. En se basant sur le cycle

$$\begin{array}{ccc} P^4_{\text{vapeur}} & \xrightarrow{-50\text{ Kcal}} & 2P^2_{\text{vapeur}} \\ {\scriptstyle -13\text{ Kcal}}\uparrow & & \downarrow \\ 4P_{\text{blanc solide}} & \xleftarrow[-16\text{ Kcal}]{} & 4P_{\text{rouge solide}} \end{array}$$

et en prenant en considération que le bilan énergétique de la transformation $4P_{\text{rouge solide}} \rightarrow P^4_{\text{vapeur}}$ est grevé lui aussi d'une indétermination de ± 3 K cal environ, on trouve

$$2P_{\text{rouge solide}} \rightarrow P^2_{\text{vapeur}} - 39\text{ Kcal} \pm 4.$$

Nous avons ici l'exemple d'un cas où la juxtaposition des données thermochimiques avec les résultats des études spectroscopiques permet d'éclaircir certains problèmes qu'à elle seule une de ces disciplines ne pourrait résoudre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation thermique du carbonate de zinc.* Note de M. **Adolphe Rose**, présentée par M. Charles Mauguin.

M. Centnerszwer a signalé (¹) à propos de la dissociation du carbonate de zinc une particularité qui serait vraiment curieuse si elle était vérifiée.

Au lieu d'un équilibre univariant entre CO^2 et deux phases solides, comme dans le cas de la calcite ($CO^3Ca \rightleftharpoons CaO + CO^2$), on aurait ici un équilibre bivariant par suite de la formation d'une solution solide de composition variable de ZnO dans CO^3Zn.

Il fonde son opinion sur le fait qu'en opérant sous une pression de CO^2 constante (pression atmosphérique par exemple), il aurait observé qu'à chaque température la dissociation s'arrête quand le taux de ZnO atteint une certaine valeur, fonction croissante de la température. C'est seulement à partir de 580° que la décomposition serait complète.

J'ai repris cette étude. Mes résultats sont absolument opposés aux siens. Le carbonate de zinc, maintenu à température constante dans le gaz carbonique à la pression atmosphérique, ne se décompose pas du tout si la température est trop basse ; mais, si la dissociation commence, elle se poursuit jusqu'à la décomposition complète de toute la matière présente.

(¹) *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 17.

Naturellement, la vitesse du départ de CO^2 diminue à mesure que la décomposition s'avance, d'abord parce qu'il y a de moins en moins de carbonate, mais surtout parce qu'il se forme à la surface des grains une couche de ZnO d'épaisseur croissante qui fait obstacle au départ de CO^2. Si l'on attend un temps suffisant, la décomposition, à température et pression constantes, est toujours complète. Ce temps est d'ailleurs d'autant plus court que la température est plus élevée. La décomposition pour être complète a demandé 110 jours à 345°, 260 heures à 385° et seulement 15 minutes à 495°.

C'est pour avoir manqué de patience, que M. Centnerszwer a confondu un simple ralentissement avec un arrêt correspondant à un équilibre qui n'existe pas. Il pense, par exemple, avoir atteint l'équilibre ayant chauffé $0^g,744$ de CO^3Zn à 392° pendant 10 heures, alors qu'il m'a fallu 260 heures pour observer la décomposition complète de $0^g,125$ à la température de 385°.

L'examen aux rayons X (diagramme du type Debye-Scherrer) du produit de la décomposition est également en désaccord avec les conclusions de M. Centnerszwer. Le diagramme présente à la fois les raies de diffraction de CO^3Zn non décomposé et celles de l'oxyde ZnO formé; ces dernières, assez floues au début, montrent que l'oxyde est encore en très petits éléments; elles deviennent de plus en plus nettes à mesure que les grains se développent. Rien dans les diagrammes n'indique la présence du cristal mixte (CO^3Zn, ZnO) envisagé par cet auteur.

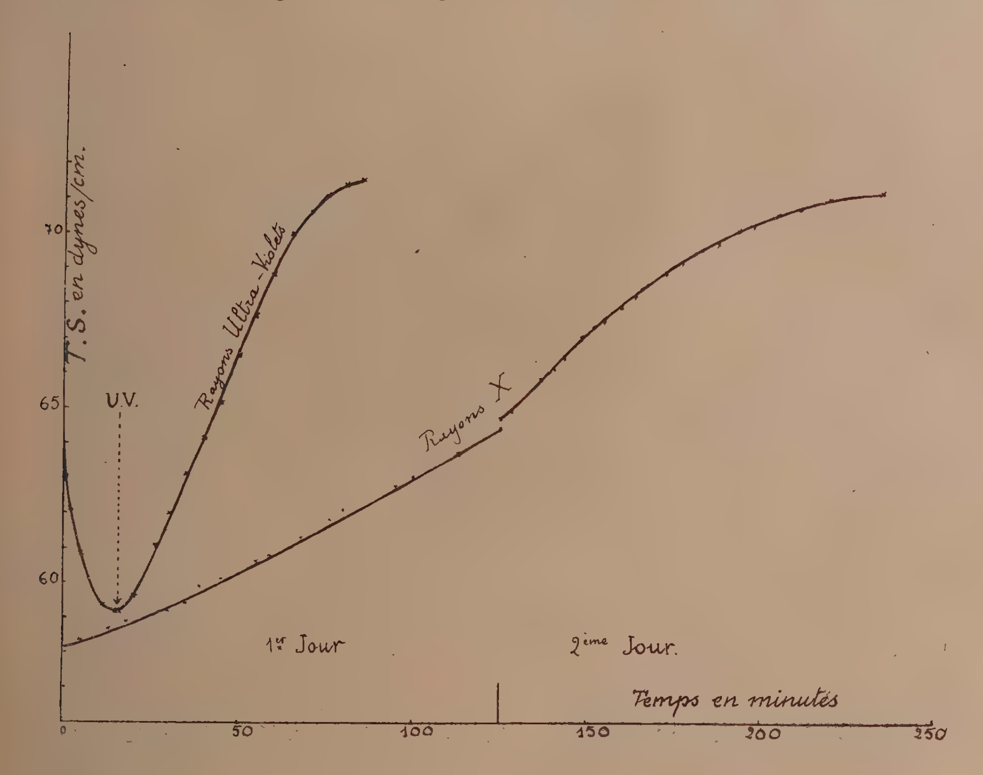
Le système en dissociation comporte certainement deux phases solides non miscibles CO^3Zn et ZnO en équilibre avec CO^2; il est univariant au même titre que le système $CO^3Ca \rightleftharpoons CaO + CO^2$.

Il faut donc rejeter les conclusions de M. Centnerszwer et en même temps les calculs thermodynamiques imaginés par M. Dodé ([2]) pour les interpréter.

([2]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937, p. 42.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de diverses radiations sur les films superficiels de protides.* Note [1] de MM. **André Dognon** et **Camille Piffault**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Grâce à la méthode statique de mesure de la tension superficielle récemment décrite par l'un de nous [2], nous avons pu suivre avec facilité l'évolution de films superficiels de protides formés à la surface d'eau ou de



solution de Ringer. Nous avons signalé [3] que le chauffage de ces solutions superficielles non seulement ne provoque aucune perte de pouvoir tensio-actif de la sérum-albumine, comme on devrait l'observer s'il y avait

(1) Séance du 6 mars 1939.

(2) M. Abribat et A. Dognon, *Soc. franç. de Physique*, 428, 1939, p. 22.

(3) A. Dognon et C. Piffault, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 654.

dénaturation et floculation du système, mais encore provoque une augmentation notable de la tensio-activité. La T. S. passe, par exemple, de 65 à 45 dynes/cm après un chauffage à 70°C. pendant 1 heure 50 minutes.

Nous apportons dans la présente Note des résultats relatifs à l'action de rayons X mous, des rayons ultraviolets, et de la lumière, sur de semblables films superficiels de sérum-albumine et d'hémoglobine, ces deux protides ne présentant pas d'ailleurs, à ce point de vue, de différences sensibles.

Comme le montre la figure ci-dessus, l'action des radiations X (d'environ 1,5 Å de λ moyenne) ou ultraviolettes (rayonnement global d'une lampe à vapeur de mercure) se manifeste par une remontée rapide de la tension superficielle, qui rejoint bientôt celle de l'eau pure, phénomène qui traduit la destruction de la protéine superficielle.

En formant un film semblable à la surface d'une solution d'un photosensibilisateur (Rose bengale), on n'obtient, avec une lumière blanche intense, ou le rayonnement de l'arc au mercure à travers un écran de verre, aucune action semblable.

L'action destructrice très nette des rayons X sur les films de sérum albumine, ou d'hémoglobine, jointe à l'absence de toute action semblable de la chaleur dans les conditions précédemment citées, est en contradiction, sinon avec l'hypothèse de Dessauer relative au mécanisme de l'action biologique de ces radiations (hypothèse des *points de chaleur*), du moins avec les conclusions de ceux qui, à sa suite, ont voulu établir l'identité d'action, sur des systèmes protéiques, de ces deux agents physiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des permolybdates.* Note de Mme **Marie-Élisa Rumpf-Nordmann**, présentée par M. Paul Lebeau.

Lorsqu'on fait agir de l'eau oxygénée sur un molybdate alcalin, en solution aqueuse acide ou alcaline, on observe des colorations jaunes, de spectre différent suivant le pH du milieu, et dues à la formation de permolybdates. Nous donnons ici les résultats d'une étude des solutions acides par la méthode des variations continues [1]; l'appareil de mesures employé est un colorimètre Jouan à deux cellules photoélectriques couplées. Nous avions déterminé d'une manière analogue les formules et les constantes d'équilibre des perchromates, pervanadates, pertitanates [2].

---

(1) P. Job, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 114-203.
(2) M. E. Rumpf, *Ann. de Chimie*, 11e série, 8, 1937, p. 456-527.

Le molybdate d'ammonium utilisé a été obtenu par simple dissolution du sel pur du commerce; la solution, après avoir été acidifiée par l'acide nitrique, a été précipitée par le nitrate mercureux. Le molybdate mercureux calciné a fourni de l'anhydride molybdique dont le poids a été déterminé.

Pour trouver la formule du persel, il faut chercher la *composition maximum*. Celle-ci s'obtient en mélangeant des solutions acétiques équimoléculaires des deux constituants : le maximum de la propriété étudiée (intensité de la coloration jaune) doit occuper une position constante. En admettant que l'ion molybdique est MoO^{4--} dans les conditions de dilution et de pH des expériences, le mélange de solutions équimoléculaires en molécules simples de molybdate d'ammonium et d'eau oxygénée a donné les résultats suivants :

Concentration $\frac{H^2O^2}{MoO^{4--}}$	$0,0305\,m$	$0,0152\,m$
Maximum, MoO^{4--} %	74	72

Le maximum est donc variable : le molybdate ou l'eau oxygénée ne se comportent pas comme s'ils étaient sous forme de molécules simples. On peut supposer que le molybdate agit à l'état d'ions doubles Mo^2O^{7--}. Pour vérifier cette hypothèse, il faut faire des mélanges équimoléculaires d'eau oxygénée et de molybdate d'ammonium $Mo^2O^7(NH^4)^2$:

Concentration $\frac{H^2O^2}{Mo^2O^{7--}}$	$0,038\,m$	$0,076\,m$
Maximum, Mo^2O^{7--} %	66	66

La constance de la position du maximum pour 66 pour 100 de molybdate $Mo^2O^7(NH^4)^2$ permet de déduire que deux ions doubles agissent sur une molécule d'eau oxygénée : c'est la *composition maximum*.

L'étude des mélanges non équimoléculaires donne la constante d'équilibre K du persel par la formule

$$K = \frac{\Gamma^2 p[(p+2)x-2]^3}{(p-1)^2(2-3x)},$$

dans laquelle Γ représente la concentration moléculaire de H^2O^2, p le rapport Γ'/Γ si Γ' est la concentration de Mo^2O^{7--}, x le pourcentage de Mo^2O^{7--} pour le maximum.

Voici les résultats concernant le milieu acétique de pH 1 :

$\Gamma_{H^2O^2}$.	$\Gamma'_{Mo^2O^7}$.	p.	x.	K_{15°.
0,05554	0,00813	0,146	0,815	$2,21.10^{-5}$
0,0305	0,0152	0,5	0,745	$2,17.10^{-5}$
0,0101	0,0152	1,5	0,62	$2,15.10^{-5}$
0,0101	0,0050	0,5	0,705	$2,39.10^{-5}$
0,0152	0,0076	0,5	0,72	$2,31.10^{-5}$

(K_{15° moyen, $2,247.10^{-5}$.)

On retrouve la même constante dans les milieux plus concentrés en acide, par exemple dans les solutions normales en acide acétique :

$\Gamma_{H^2O^2}$.	$\Gamma'_{Mo^2O^7}$.	p.	x.	K.
0,0237	0,0033	0,139	0,76	$2,02.10^{-5}$

Le persel formé par action de l'eau oxygénée sur le molybdate d'ammonium, en solution de pH égal ou inférieur à 1, est donc dû à l'action de $2Mo^2O^{7--}$ sur une molécule H^2O^2; sa formule peut être représentée par $Mo^2O^8(NH^4)^2$ et sa constante d'équilibre est K_{15° $2,247.10^{-5}$.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les halogéno-éthanoates de plomb.* Note de M. Edmond Grillot, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme le chlorure et le bromure, l'iodure de plomb est beaucoup plus soluble dans les solutions d'éthanoate de plomb que dans l'eau pure. A 20°, alors qu'il s'en dissout $0^g,073$ dans 100^{cm^3} d'eau, la solubilité devient $0^g,412$ pour 100 dans une solution contenant 28,15 pour 100 d'éthanoate de plomb, et $0^g,896$ pour 100 dans une solution qui en contient 45,2 pour 100. Il convient donc d'envisager la formation d'une combinaison intermédiaire, plus soluble que l'iodure de plomb. Cependant son domaine de cristallisation n'est pas indiqué par le diagramme de solubilité à 20° du système iodure de plomb — éthanoate de plomb — eau éthanoïque.

A chaud, plus la concentration en éthanoate est grande, plus la solubilité de l'iodure devient considérable, mais on ne peut pas faire cristalliser d'iodo-éthanoate de plomb. A 100°, en présence de 5^{cm^3} d'éthanoïque, on parvient à dissoudre 50^g d'iodure de plomb dans les $28^g,5$ d'eau de cristallisation de 200^g d'éthanoate de plomb. Par refroidissement, l'excès d'éthanoate de plomb cristallise en utilisant l'eau résiduelle et la liqueur se prend en une masse solide blanche. L'eau décompose instantanément ce produit, avec formation d'iodure basique de plomb PbIOH. Pour en

séparer les constituants, il est donc d'abord nécessaire d'éliminer l'eau (par entraînement à la vapeur de benzène). Puis, parmi les différents solvants permettant la dissolution sélective, j'ai retenu le chloroforme, dans lequel l'éthanoate de plomb est faiblement soluble, et le dérivé iodé insoluble [1]. Ainsi, j'ai pu obtenir un iodo-éthanoate de plomb, parfaitement blanc, de formule $Pb^2(CH^3CO^2)^3I$ analogue à celle du chloro-éthanoate de plomb [2] [plomb °/₀ 57,93 (calculé 57,68); iode °/₀ 17,64 (calculé 17,67)].

J'ai montré antérieurement l'existence d'un bromo-éthanoate de plomb de formule $Pb(CH^3CO^2)Br$ [3]. Mais l'étude de la solubilité du bromure de plomb dans les solutions d'éthanoate de plomb, qui présente une grande analogie avec celle du chlorure, conduit à envisager l'existence d'un autre bromo-éthanoate de plomb $Pb^2(CH^3CO^2)^3Br$. J'ai pu opérer avec le bromure de plomb comme avec l'iodure, et à 100° (en présence d'éthanoïque comme précédemment), j'ai pu dissoudre 30^g de bromure de plomb dans l'eau de cristallisation de 200^g d'éthanoate. Puis, par la même méthode que pour l'iodo-éthanoate de plomb, j'ai isolé un sel blanc de formule $Pb^2(CH^3CO^2)^3Br$ [plomb °/₀ 62,06 (calculé 61,78); brome °/₀ 12,01 (calculé 11,91)]. On peut supposer qu'en solution diluée ce sel se décompose suivant la réaction

$$Pb^2(CH^3CO^2)^3Br \rightarrow Pb(CH^3CO^2)^2 + Pb(CH^3CO^2)Br,$$

ce qui empêcherait d'atteindre la saturation permettant de le faire cristalliser. Le caractère complexe de ces halogéno-éthanoates de plomb se manifeste par l'hydrolyse qu'ils subissent avec formation d'halogénures basiques PbXOH et d'éthanoïque, ce qui les distingue de leurs constituants.

J'ai pu enfin confirmer l'analogie de l'éthanoate et du monochloréthanoate de plomb en solution que montre l'étude des monochloréthanoates basiques de plomb [4], par la formation de sels complexes avec les halogénures de plomb. En saturant de monochloréthanoate et de chlorure de

---

(1) L'éthanol anhydre convient également, tant comme déshydratant que comme solvant; mais après dissolution complète de l'excès d'éthanoate de plomb, il décompose l'iodoéthanoate en produisant de l'iodure basique PbIOH. Cette alcoolyse a lieu également avec le pentanol.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p, 1049.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2177.

(4) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 996.

plomb de l'eau maintenue à 56° C. ([5]), j'ai pu faire cristalliser par refroidissement un chloromonochloréthanoate de plomb de formule $Pb(CH^2ClCO^2)Cl$ [plomb °/₀, 62,04 (calculé 61,78); chlore °/₀ directement précipitable par le nitrate d'argent 10,51 (calculé 10,55); chlore total °/₀ 20,90 (calculé 21,10)]. On ne peut obtenir de sels purs avec les deux autres halogénures de plomb. Avec le bromure, il cristallise un mélange en proportions variables de bromomonochloréthanoate de plomb $Pb(CH^2ClCO^2)Br$, et de chloromonobrométhanoate $Pb(CH^2BrCO^2)Cl$ [plomb °/₀ 54,60 (calculé 54,46); carbone °/₀ 6,40 (calculé 6,32)]. Avec l'iodure, à ce partage des deux halogènes par le radical organique s'ajoute une hydrolyse notable avec production du radical hydroxyéthanoyle. En solution dans l'eau pure, ces sels ou mélanges de sels sont plus faiblement hydrolysés que les dérivés correspondants de l'éthanoate de plomb, mais il se forme encore des halogénures basiques Pb XOH, ce qui manifeste leur constitution complexe.

PÉDOLOGIE. — *Sur un phénomène d'expurgation allitique du sol tropical en Afrique occidentale.* Note de M. **Hélios Scaetta**, présentée par M. Auguste Chevalier.

J'ai observé que les alluvions du Moyen-Niger, quand elles sont utilisées pour des travaux de remblai, donnent naissance, au bout de quelques mois d'exposition à l'air libre, à une grenaille latéritique. Ce pseudo-gravillon est répandu partout; il couvre parfois des surfaces immenses; il est employé couramment pour empierrer les pistes du Soudan. J'ai cru, pendant un certain temps, qu'il provenait de l'effritement ou de l'érosion des cuirasses latéritiques. Si cela était vrai pour les latérites de la côte atlantique et celles au sud du 8ᵉ parallèle, l'idée est erronée dans la région continentale de l'Afrique occidentale au nord de cette latitude. La terre argileuse elle-même, ainsi que tout sol sablo-argileux, quand elle subit un remaniement susceptible d'en modifier la structure initiale et d'introduire de l'air sec dans sa masse, exsude littéralement des concrétions latéritiques bien caractéristiques, dont la forme et les dimensions rappellent généralement celles des pisolithes des cuirasses alvéolées. La couleur de ces concrétions varie entre le jaune clair et le noirâtre, passant par une gamme intermédiaire nombreuse, en fonction évidente de la composition alluvion-

---

([5]) Une plus forte température favoriserait l'hydrolyse du radical monochloréthanoyle.

neuse ou ferrugineuse prédominante des argiles desquelles elles dérivent. Ce pseudo-gravier apparaît à l'œil nu comme formé de dépôts en strates concentriques d'alumogels tantôt bauxitiques, tantôt ferriques. Leur poids spécifique varie en conséquence. Cette production de gravier apparaît comme un phénomène climatique prédominant : l'ameublissement de la terre n'étant qu'un fait accidentel, quoique nécessaire, permettant au phénomène de se manifester. Si le sol conserve sa structure intacte et s'il reste en place sans subir de remaniements, les éléments allitiques (oxydes de Fe et Al à des stades divers d'hydratation) se concrétionnent en profondeur dans une couche dite d'*illuviation*. Dans cet horizon (c'est un pseudo-horizon quand il s'agit d'alluvions) la concrétion des suspensions allitiques colloïdales se fait lentement en rapport avec l'état de saturation constante de la couche illuviale ou de la zone de départ. Le profil du sol comporte dans un cas normal un horizon superficiel, d'épaisseur variable, dit d'*éluviation*. Son rôle est, parmi d'autres, celui d'amortisseur de l'influence des agents du climat atmosphérique par rapport à celle, plus ténue, des agents du pédoclimat. Il règle en outre les mouvements normaux de montée et de descente de l'eau au rythme du climat local.

Un remblai qui entache le sol à une profondeur suffisante, ou tout autre mouvement (d'origine éolienne) capable de faire varier les rapports entre la zone d'imbibition permanente du profil et la zone d'humectation et de desséchement alternés, a pour résultat d'accroître la mobilité des suspensions aluminiques et ferrugineuses et d'en provoquer la concrétion et la solidification rapide. Par ce phénomène un remblai se couvre de grenaille latéritique à hauteur des niveaux de sortie de l'eau d'imprégnation pluviale. Également une surface surélevée, corrodée horizontalement par le vent, se couvre de pseudo-gravillon. Dans ce cas comme dans l'autre, il y a modification du niveau hydrostatique de la masse terreuse et alternative brutale d'humectation et de desséchement. L'ameublissement du sol entraîne ici une exagération des actions énergétiques du pédoclimat favorisant les poussées de l'évolution latéritique.

Ce phénomène d'expurgation semble acquérir au Soudan une intensité maxima en correspondance de l'équateur thermique. Au nord de cette bande climatique l'addition au sol, de plus en plus accentuée, de sable et d'éléments minéraux divers, concurremment à la diminution des pluies, ralentit l'expurgation allitique. L'ensablement même l'arrête. Ce phénomène est graduellement remplacé par une *ferruginisation* superficielle des sols sablo-argileux (à l'exception des *tilensis* ou épandages limoneux fossiles ou actuels) et des roches de la série gréseuse. L'expurgation allitique m'apparaît ainsi comme un phénomène corollaire de la latéritisation massive du sol tropical. C'est la dernière manifestation *en surface* du climat qui régit actuellement la formation de la latérite à sa frontière boréale.

Au sud du 10e parallèle le *durcissement* de la zone illuviale à la suite de la rupture de l'équilibre climatique du profil (conséquente au décapage de

l'éluvium) semble prédominer et il aboutit à la constitution d'immenses surfaces de cuirasse massive. Cette région peut être considérée comme l'épicentre climatique des processus de latéritisation, au nord duquel la destruction du sol argileux se fait de plus en plus près de la surface, et au sud duquel, à l'approche du climat subéquatorial, elle s'opère en profondeur.

Toute concrétion latéritique étant mauvaise conductrice pour le calorique, l'incorporation successive au sol du pseudo-gravillon expurgé en élève le degré thermique moyen. Cette augmentation progressive de la température du profil finit par perturber profondément les échanges d'énergie entre la couche d'air près du sol et le pédoclimat. La végétation, malgré sa thermophilie élevée, est alors amenée à disparaître. Les espèces du climax se réfugient dans les lignes de drainage où le passage saisonnier de l'eau d'écoulement (et par conséquent l'érosion) empêche la grenaille latéritique de séjourner. Dans ces lignes de dépression la végétation, quand elle n'est pas dérangée, y forme des fourrés denses s'étendant dans le sens du drainage. La surface du terrain acquiert alors un aspect *réticulé* où les rubans de végétation alternent avec des espaces nus. Sur ces surfaces le pseudo-gravillon noirâtre oolithique ou pisolithique a fait le vide. Cet aspect du paysage est typique des régions frontières entre le climat soudanien dégradé et le climat saharien.

GÉOLOGIE. — *Sur le Carbonifère des Issaouane* (*Sahara central*). Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1930 (¹) j'ai mis en doute que la composition du Carbonifère dans le Sahara central soit bien telle qu'elle avait été déduite des observations et matériaux rapportés par la mission Foureau-Lamy de la région des Issaouane (²); la présence de l'Ouralien ne me paraissait pas suffisamment prouvée par la découverte de *Productus Cora* d'Orb., et elle ne s'accordait pas avec ce qui était connu ailleurs au Sahara.

Au cours d'un récent voyage, en compagnie de MM. Devillers et Lelubre, j'ai eu l'occasion d'étudier le Carbonifère précisément dans cette région des Issaouane, le long de la piste automobile reliant Ohanet à Fort de Polignac.

(¹) N. Menchikoff, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3, II, 1930, p. 169-172 et 178.

(²) E. Haug, *Paléontologie*, in Foureau, *Documents scientifiques de la Mission Saharienne*, Paris, 2, 1905, p. 782-813.

Les terrains carbonifères, inclinés de quelques degrés seulement vers le NE, reposent au Sud en concordance apparente sur les grès du Dévonien supérieur des environs du Fort de Polignac et disparaissent vers le Nord sous le Continental intercalaire qui affleure jusqu'au pied de la Hamada de Tinrert.

La série carbonifère des Issaouane est en majeure partie gréseuse, mais il y a également des marnes schisteuses parfois gypsifères et des bancs calcaires à fossiles marins; ces grès, généralement feuilletés, renferment souvent des débris de végétaux.

Sur mon itinéraire, le niveau fossilifère le plus bas du Carbonifère affleure, à environ 30^{km} en ligne droite au Nord-Est du Fort de Polignac et à 5^{km} au Nord du bord de la falaise dévonienne. On y voit, près de la piste automobile, au milieu du reg, des dalles calcaires pétries de *Syringothyris* et de *Productus Cora* d'Orb. La présence dans ce premier niveau de *Productus Cora* indique qu'il s'agit du Viséen et vraisemblablement du Viséen moyen.

Plus au Nord, et ainsi plus haut dans la série, à 2^{km} au Sud-Ouest de Hassi Issendjel, dans un niveau ferrugineux, j'ai recueilli quelques petites Goniatites (*Beyrichoceras?*).

Le gisement fossilifère le plus important est situé à 20^{km} au Nord de Hassi Issaouane, sur le bord sud de la dépression Assekeifaf. Là, au milieu de couches gréseuses, des niveaux calcaires et marneux sont riches en *Productus giganteus* Mart., grandes *Caninia*, *Dibunophyllum* et autres Polypiers et Brachiopodes. La présence de *Productus giganteus* Mart. et de sa variété *P. latissimus* Sow. indique nettement l'âge Viséen supérieur des couches d'Assekeifaf.

Plus au Nord et toujours plus haut dans la série, jusque dans le Tadjentourt, se poursuivent des alternances de grès feuilletés et de marnes souvent gypsifères avec quelques niveaux calcaires. Comme fossiles on ne peut jusqu'à présent citer que des débris de plantes, quelques Brachiopodes et, dans les calcaires, des Gastéropodes (*Bellerophon*, *Loxonema*, *Enomphalus*), des Orthocères et des Crinoïdes. La position de ces couches au-dessus du niveau à *Productus giganteus* permet de les attribuer au sommet du Viséen et probablement aussi au Namurien.

De cette analyse se dégagent les conclusions suivantes :

L'absence de niveaux à faune tournaisienne peut faire croire à l'existence d'une lacune tournaisienne et à la transgressivité du Viséen, vraisemblablement du Viséen moyen.

Le Viséen est le terme le mieux représenté dans les Issaouane; d'ailleurs tous les fossiles carbonifères marins rapportés par Foureau en proviennent; son faciès est nettement marin, mais l'abondance des débris de plantes et du matériel détritique indique la proximité des terres émergées situées, semble-t-il, vers le Sud.

Les niveaux supérieurs, paléontologiquement mal caractérisés, que j'attribue au Namurien, montrent, à côté de couches franchement marines, des niveaux lagunaires et continentaux de plus en plus développés. C'est la marque du retrait de la mer à cette époque.

Quant à l'Ouralien, il n'existe décidément pas dans les Issaouane; le retrait de la mer paléozoïque au Namurien avait été définitif.

Ainsi, confirmant mes vues générales de 1930, l'étude sur le terrain dans les Issaouane, qu'il faut rapprocher des travaux de Conrad Kilian [3] et des dernières observations de A. Desio [4], montre que la composition du Carbonifère dans le Sahara central est bien la même que dans les autres régions du Grand Désert.

OCÉANOGRAPHIE. — *Remarques sur quelques mesures de salinité des eaux de l'Orne, entre Caen et l'embouchure* (*Franceville*). Note [1] de M. **Claude Francis-Bœuf.**

La construction du canal de Caen à la mer (Ouistreham) a été basée sur la dérivation de l'Orne à son profit par un barrage. Celui-ci laisse cependant une certaine partie (fonction du débit) des eaux fluviales s'écouler par l'ancien lit inférieur de la rivière.

D'un autre côté, il est facile de constater que l'influence de la marée se fait sentir dans le cours inférieur de l'Orne, au moins jusqu'à Caen, qui se trouve à environ 14^{km} de la mer.

La propagation de l'onde de marée et la pénétration des eaux salées sont deux phénomènes distincts l'un de l'autre dans un estuaire.

C'est dans le but d'étudier la part qu'il faut réserver à chacun d'eux que j'ai effectué au mois de février 1939 quelques mesures de salinité à des moments et en des points particulièrement choisis.

Pour obtenir la salinité, la méthode densimétrique (avec correction de température) a été utilisée. Les résultats obtenus ont été vérifiés pour certains prélèvements par un dosage des chlorures par une solution d'azotate d'argent en présence d'un indicateur coloré (bichromate de potassium).

Prélèvement I. — Ecole de natation (Maes) à $1^{km},800$ en amont du barrage, 18 février, à 17 heures, en surface, au milieu de la rivière.

Résultat : *eau douce.*

Prélèvement II. — 200 mètres en aval du barrage, 20 février, 10^h15^m, en surface, le long de la rive gauche.

Résultat : *eau douce.*

---

(3) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 569, et **207**, 1938, p. 368.

(4) D'une conversation avec A. Desio il résulte que le Carbonifère du Messac à l'Est de Rhat doit également être considéré comme viséen, probablement aussi namurien, mais non pas ouralien, comme il a été signalé à tort tout récemment encore.

(1) Séance du 13 mars 1939.

Prélèvement III. — Pont du Cloppée, 20 février, à $11^{h}30^{m}$, au milieu de la rivière.

Résultats : en surface : *eau douce;* au fond ($3\text{-}4^{m}$) : *eau douce.*

Prélèvement IV. — A l'embouchure (dune de Franceville), 20 février, à $16^{h}40^{m}$, le long de la rive droite, en surface.

Résultat : 1,70 ‰ (gramme de ClNa par litre).

Le 20 février 1939, à Port-en-Bessin, *basse mer à* $9^{h}54^{m}$, *haute mer à* 16^{h}.

A cette époque de l'année l'Orne avait un débit moyen, en ce sens qu'elle n'était ni en régime de crue ni en régime d'étiage.

Le coefficient de marée était également moyen.

Les mesures ont donc été effectuées dans des conditions n'offrant aucun caractère exceptionnel.

On peut noter que, dans de telles conditions :

1° la marée en tant que phénomène dynamique se fait sentir jusqu'à Caen;

2° a haute mer, on trouve de l'eau douce au barrage, et environ 1 heure après jusqu'à 2^{km} en aval du barrage (pont du Cloppée), en surface comme au fond, le long des rives comme au milieu;

3° a basse mer (plus exactement 40 minutes après), l'Orne, à son embouchure, a des eaux à peine salées (1,70 pour 1000) [1].

Ces faits peuvent donner lieu à une interprétation :

Le phénomène dynamique de la marée est certes dû à l'avance et au retrait des eaux marines, mais dans la rivière il ne s'agit que d'un refoulement des eaux fluviales et de leur accumulation en amont sous la poussée du flot marin.

Il doit exister une zone de mélange et de diffusion du sel des eaux marines dans les eaux douces. Mais sa position est, *a priori*, variable et les deux principaux facteurs de variation sont le débit de la rivière et le coefficient de marée, auxquels on peut ajouter la température et la salinité des eaux proprement marines.

Au mois de février 1939, dans des conditions où ces facteurs sont moyens, cette zone de mélange et de diffusion n'atteint pas Caen.

Le degré de salinité constaté à l'embouchure est faible. De toute manière

---

(1) Il ne faut pas s'étonner de constater une salinité, presque certainement minima, en ce point, après que la mer a commencé à monter sur la côte. C'est que l'action du jusant dans un estuaire se continue près d'une heure après la basse mer.

Un phénomène identique se remarque aussi sur l'Aulne (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 762-764).

il doit être attribué au retrait des eaux marines (basse mer), état accentué du fait que les eaux fluviales n'entrent pas en contact brusque avec la mer, mais qu'avant de l'atteindre elles s'écoulent sur un cordon de sable largement développé en forme de delta.

A haute mer, il est logique de penser que les eaux de l'embouchure de l'Orne ont une salinité beaucoup plus élevée : le banc de sable est recouvert par les eaux littorales et celles-ci peuvent alors pénétrer facilement sous la poussée du flot (à Villers-sur-Mer, les eaux littorales ont une salinité de 29,38 pour 1000).

D'un autre côté, je n'ai pas remarqué de flore marine le long des rives de l'Orne dans la zone proche de Caen : *Fucus uliginosus*, que l'on rencontre dans de nombreux estuaires maritimes, n'existe pas ici. Cette dernière remarque vient appuyer le fait qu'au moins au mois de février on trouve de l'eau douce dans cette partie de la rivière. On peut même croire, que, si l'eau de mer atteint Caen par l'Orne, ce n'est que dans des conditions exceptionnelles (faible débit, forte marée).

Un plus grand nombre de mesures, à différentes époques de l'année, donneraient d'utiles indications pour comprendre le problème que pose le mélange des eaux fluviales et marines dans un estuaire. Il serait peut-être ainsi possible de déterminer si l'existence de bancs de vase, le long des rives de l'Orne jusqu'en amont de Franceville, est liée ou non, au mélange de ces deux sortes d'eaux.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la propagation d'un signal dans une atmosphère raréfiée ionisée*. Note de M. **L. Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

Depuis plusieurs années, de nombreux chercheurs enregistrent les échos provenant de la réflexion d'un signal électromagnétique sur les couches ionisées de la haute atmosphère. Cependant, ni le mécanisme même de la propagation d'un signal dans l'ionosphère, ni les circonstances dans lesquelles peut intervenir une réflexion ne semblent avoir été élucidés par la théorie avec toute la netteté désirable.

Me limitant à l'étude du cas le plus simple, j'envisage, dans un champ magnétique nul, une atmosphère uniformément ionisée à raison de N ions parfaitement libres par unité de volume (charge e U. E. S., masse m). Je pose $b^2 = 4\pi N e^2/m$ et $\lambda_0 = 2\pi c/b$, en désignant par c la vitesse de la lumière dans le vide.

On sait que dans un tel milieu l'onde plane harmonique perma-

nente, de période T, présente pour $\lambda = cT < \lambda_0 = cT_0$ une vitesse de phase $V = c/\sqrt{1-(\lambda^2/\lambda_0^2)}$ qui est supérieure à c.

Or les signaux utilisés pour sonder l'ionosphère ne sont pas des ondes harmoniques permanentes, mais des trains d'ondes limités. On *admet* généralement qu'un tel *signal* doit se propager avec la vitesse de groupe $U = c\sqrt{1-(\lambda^2/\lambda_0^2)}$ inférieure à c. Pour $\lambda > \lambda_0$ il n'existe pas d'onde plane harmonique permanente; on *admet* qu'un signal de $\lambda > \lambda_0$ ne peut se propager dans le milieu ionisé.

Il est cependant facile de construire l'intégrale correcte des équations de Maxwell qui représente la propagation d'une onde plane de constitution arbitraire, c'est-à-dire d'un signal quelconque. Par exemple, la composante E_x du champ électrique, normale à la direction de propagation Oz, s'exprime par

$$(1) \qquad E_x = \int_{\frac{z}{c}}^{t} E'(t-v)A(v)\,dv; \qquad E'(t) = \frac{d}{dt}E(t),$$

avec

$$A(v)\begin{cases} = 0 & \text{pour } v < \dfrac{z}{c}, \\[2ex] = 1 - \dfrac{bz}{c}\displaystyle\int_{\frac{z}{c}}^{v} \frac{J_1\left(b\sqrt{v^2 - \dfrac{z^2}{c^2}}\right)}{\sqrt{v^2 - \dfrac{z^2}{c^2}}}\,dv & \text{pour } v > \dfrac{z}{c} \end{cases}$$

(J_1, fonction de Bessel du premier ordre), si la fonction continue arbitraire $E(t)$, nulle pour $t \leqq 0$, est l'expression de E_x dans le plan $z = 0$.

On peut donc noter sans plus tarder que la vitesse du *front* du signal est toujours rigoureusement égale à c.

Les formules ci-dessus, ainsi que les similaires exprimant le champ magnétique, le déplacement des ions etc., permettent, étant donnée leur simplicité, d'étudier numériquement la déformation d'un signal *quelconque* au cours de sa propagation.

Au surplus, il est aisé de se rendre compte de l'allure des phénomènes dans le cas d'un signal initialement constitué par un train de n oscillations sinusoïdales de période T.

Pour toute valeur de z, la fonction $A(v)$ présente en effet une infinité d'oscillations dont la durée Δv croît et dont l'amplitude décroît quand v augmente. Quand v devient infini, la durée d'une oscillation tend vers T_0 et son amplitude vers zéro.

Lorsque z/λ_0 est petit, les oscillations ne possèdent qu'une faible ampli-

tude [$A(v)$ voisin de 1, signal peu déformé]. Quand z augmente, les oscillations de $A(v)$ s'accentuent progressivement, en même temps que tend vers zéro la durée de celles qui se produisent au voisinage de $v = z/c$. Plus précisément, pour les valeurs de z/λ_0 suffisamment grandes, $A(v)$ peut s'exprimer asymptotiquement par $J_0\left(b\sqrt{v^2 - z^2/c^2}\right)$ dans le domaine des premières oscillations et par

$$\frac{z}{c}\sqrt{\frac{2}{\pi b}}\,\frac{\cos\left(b\sqrt{v^2-\frac{z^2}{c^2}}-\frac{4}{\pi}\right)}{v\left(v^2-\frac{z^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

pour les valeurs ultérieures de v.

Dans ces conditions, par suite d'une compensation entre les aires positives et les aires négatives, la valeur de l'intégrale (1) sera toujours très petite si la durée des oscillations de $A(v)$ dans l'intervalle de $v = t - nT$ à $v = t$ n'est pas à peu près égale à la période T du signal. Or cette égalité n'existera jamais si $\lambda > \lambda_0$ et l'on assistera alors à une dislocation du signal initial. Au contraire, si $\lambda < \lambda_0$, on trouvera toujours à partir d'un parcours z suffisant, une valeur v_s de v au voisinage de laquelle les oscillations de $A(v)$ seront de durée T, et c'est aux époques t voisines de v_s que se trouvera *pratiquement* localisée toute l'énergie du signal.

Une discussion plus complète permet de suivre avec précision les circonstances de cette propagation d'un genre particulier et d'analyser la déformation du signal au cours de sa progression. *On trouve que la vitesse de propagation ainsi définie est effectivement la vitesse de groupe*, résultat qui semblait douteux, non sans raison, à bon nombre de savants.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de faisceaux libéro-ligneux dans la partie supérieure de la racine de l'*Helianthus annuus (*var.* uniflorus). Note de M. **Georges Bouvrain**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Étudiant de jeunes plantules d'*Helianthus*, j'ai signalé ([1]) que la disposition alterne centripète pouvait être seule différenciée, non seulement dans toute la longueur de l'hypocotyle, mais encore jusqu'au milieu des cotylédons. Cette plante m'a permis de montrer l'identité de structure de l'appareil conducteur à la fois dans la tige, dans la racine et même dans la feuille. Cette identité de structure, assez facile à vérifier dans une plantule

---

([1]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 71, 1924, p. 293-296.

peu accélérée et très jeune, devient beaucoup moins visible si la plantule est plus âgée, ou même, dans une plantule très jeune si son accélération basifuge est intense. Dans celle-ci, la disparition hâtive, ou la non-différenciation des vaisseaux alternes et intermédiaires de la tige, et leur persistance dans la racine, établissent une différence apparente de structure qui, pendant longtemps, a trompé les anatomistes. En effet, dans la racine, les vaisseaux alternes sont généralement en contiguïté avec les vaisseaux intermédiaires, ceux-ci étant eux-mêmes en contiguïté avec les vaisseaux superposés, d'où une masse vasculaire compacte, condensée, qu'on ne trouve pas dans la tige encore jeune. Cette dernière présente hâtivement ses vaisseaux superposés, répartis en groupes distincts et formant avec les îlots criblés, autant de faisceaux libéro-ligneux.

Je me propose d'apporter aujourd'hui une preuve de plus de l'identité de structure des tiges et des racines grâce à une forme particulière de l'accélération dans la plantule d'*Helianthus*.

La plus grande partie de sa racine possède quatre convergents A, B, C, D, soit quatre faisceaux vasculaires alternant avec quatre faisceaux criblés P. Les quatre faisceaux vasculaires sont disposés suivant deux plans à peu près perpendiculaires : le plan cotylédonaire et le plan intercotylédonaire. A une certaine distance du collet, dans la racine, les quatre convergents sont presque équivalents (*fig.* 1).

En montant vers le collet, les deux convergents intercotylédonaires, C et D, cessent de présenter les vaisseaux primitifs, marquant ainsi une accélération beaucoup plus forte que les deux autres. Ce phénomène a déjà été étudié par G. Chauveaud ([2]) dans l'*Impatiens balsamina*, puis par Tronchet ([3]) dans l'*Echinops ritro*. En outre, dans *Crupina vulgaris*, espèce qui se comporte comme l'*Helianthus*, Tronchet ([4]), ne donnant que le schéma d'une coupe faite à la base de la racine, figure et signale deux faisceaux libéro-ligneux intercotylédonaires. Mais, préoccupé par une tout autre démonstration, il n'en tire pas de conclusion quant au parallélisme des structures tige et racine.

La figure 2 située dans la partie supérieure de la racine de l'*Helianthus* révèle :

1° Deux convergents cotylédonaires constitués chacun par deux groupes

---

([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 13, 1911, p. 335.

([3]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926, p. 894-898.

([4]) *Arch. de Bot.*, Caen, 4, 1930, et *Thèse de Doctorat ès Sciences*, p. 88.

de phloème P, deux vaisseaux alternes centripètes AX*a*, BX*a*, quelques vaisseaux intermédiaires AX*i*d, AX*i*g, BX*i*d, BX*i*g, enfin un certain

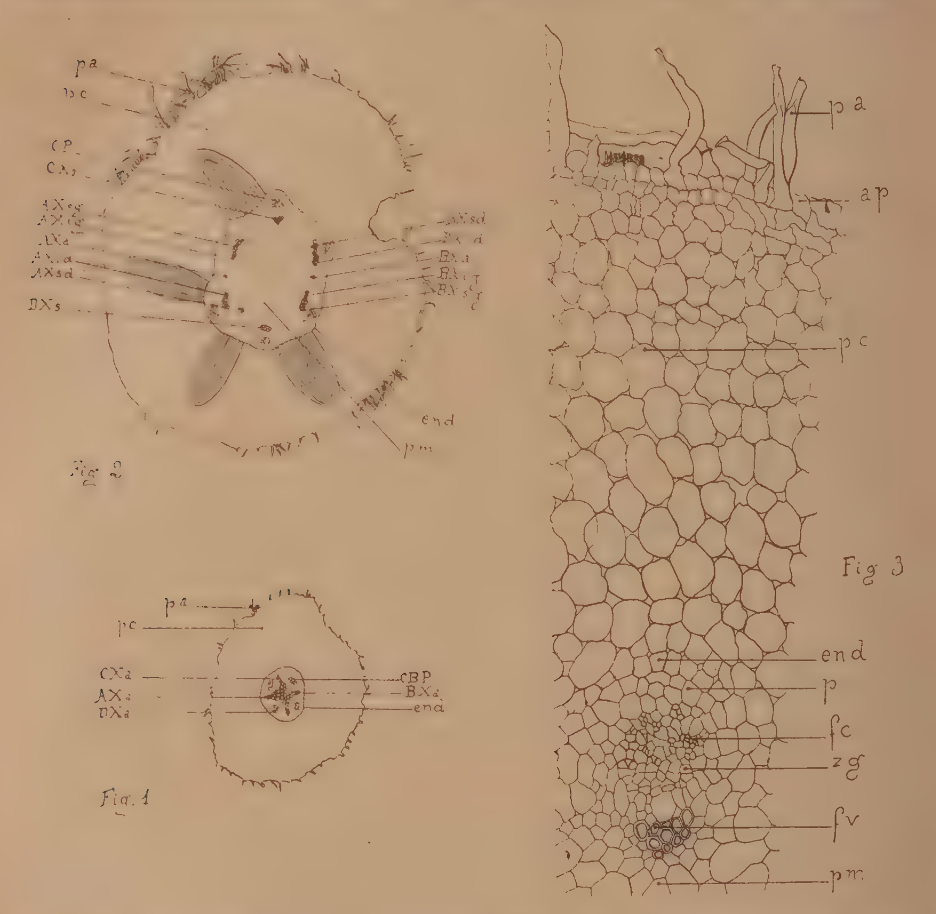


Fig. 1. Quatre convergents A, B, C, D, sensiblement égaux. — Fig. 2. Sommet de la région pilifère; deux convergents C, D, très accélérés. — Fig. 3. Détail du convergent C.

nombre de vaisseaux superposés AX*s*d, AX*s*g, BX*s*d, BX*s*g, donc deux convergents relativement peu accélérés.

2° Deux convergents intercotylédonaires très accélérés qui, privés de leurs vaisseaux primitifs, donnent deux faisceaux libéro-ligneux bien individualisés.

La présence de l'assise pilifère, des poils absorbants et l'abondance des radicelles naissant à ce niveau attestent qu'on est dans la racine. Par

conséquent, si l'on peut avoir dans la tige et dans la feuille une disposition alterne autrefois attribuée à la racine seule, on peut trouver également des faisceaux libéro-ligneux dans la racine, c'est-à-dire une disposition qu'on regardait comme devant caractériser la tige à l'exclusion de la racine.

Cette constatation apporte une preuve de plus qu'il n'y a pas de structure fondamentalement différente entre les divers membres végétatifs.

MYCOLOGIE. — *Nouveaux essais de culture des champignons de mycorhizes.* Note (¹) de M. **Joseph Magrou**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

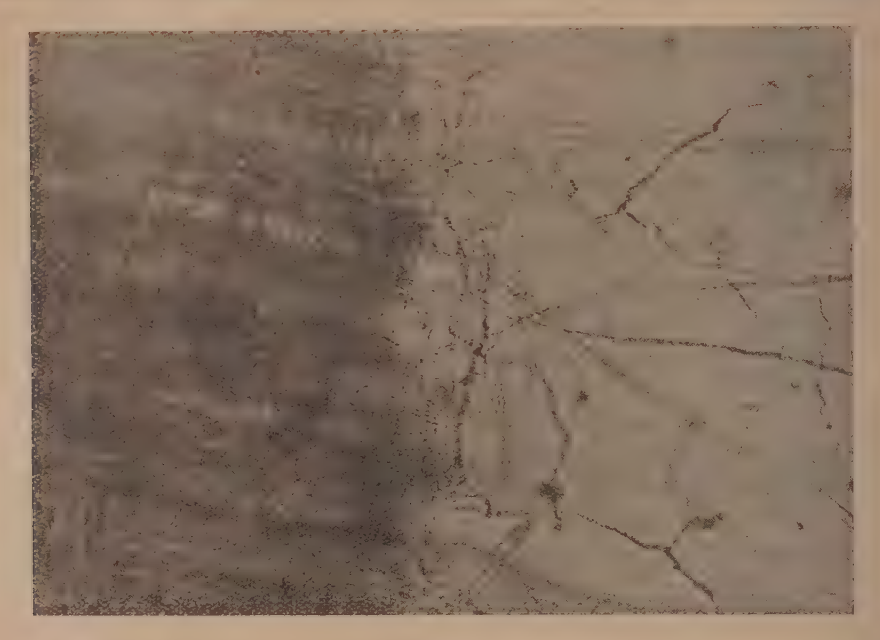
Nous avons montré que le mycélium des mycorhizes de l'*Arum maculatum* L. est capable, dans certaines conditions, de donner des ébauches de développement *in vitro* (²). Ce champignon n'est donc pas un parasite strict, contrairement à l'opinion que les échecs répétés des tentatives de culture tendaient à accréditer. Toutefois, dans nos essais, la croissance du champignon restait toujours très limitée et éphémère, ce que nous avions attribué à l'absence, dans le milieu nutritif, de quelque élément indispensable.

Dans de nouveaux essais, nous avons incorporé, à l'extrait de terre qui nous servait de milieu de culture, des composés reconnus, d'après les travaux récents, indispensables au développement de divers champignons. Parmi ces *facteurs de croissance* figure l'aneurine (vitamine B_1), nécessaire à la culture de nombreux Phycomycètes, groupe auquel semblent se rattacher les endophytes à arbuscules. Pour fournir à nos semis de l'aneurine, nous avons ajouté à l'extrait de terre, soit 3 pour 1000 de peptone d'arachide, soit 10 pour 1000 d'autolysat de levure de bière. Ces produits renferment en effet, à côté de beaucoup d'autres facteurs de croissance, de la vitamine B_1. La biotine, nécessaire à certains champignons, a été incorporée au milieu nutritif sous forme de solution alcoolique de jaune d'œuf (3 gouttes pour 10^{cm^3} de milieu). A ces produits, nous avons joint un extrait préparé par chauffage à 80°, dans l'eau distillée, de racines broyées d'*Arum maculatum* et, dans quelques cas, de l'acide indol-acétique au millionième. L'extrait de racines était stérilisé par filtration sur bougie Chamberland. Le milieu de culture a été ajusté au pH 6,6.

(¹) Séance du 13 mars 1939.

(²) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1038, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10ᵉ série, **19**, 1937, p. 359.

Des coupes fines de racines infestées d'*Arum maculatum*, après ablation des assises cellulaires superficielles et lavages répétés dans l'eau distillée stérile, ont été semées en gouttes suspendues de cette solution, et le développement a été suivi au microscope. Les résultats se sont montrés supérieurs à ceux que nous avions obtenus jusqu'ici. Tandis qu'avec la technique primitive, dans les cas les plus favorables, le champignon ne se développait que discrètement et seulement dans une faible proportion de semis, dans le nouveau milieu, le développement est à la fois plus fréquent



(× 200).

et plus abondant. C'est ainsi que, dans trois séries de semis, faits dans le courant de mai et comportant en tout 52 cultures en cellules de van Tieghem, l'endophyte s'est développé 46 fois (soit dans 88 pour 100 des cas). Dans la plupart de ces cultures, des hyphes néoformées vigoureuses, en continuité indubitable avec le mycélium intercellulaire de l'endophyte, naissent en de nombreux points de la coupe de racine et se développent dans le liquide nutritif, sous forme de lacis de filaments ramifiés et anastomosés (*fig.* 1). Le développement se poursuit pendant plusieurs semaines; certaines hyphes croissent hors de la goutte suspendue, rampent sur le verre en continuant à se ramifier et atteignent l'anneau de verre qui

limite la cellule. Parfois, le mycélium rampant sur le verre développe, aux dépens de rameaux latéraux, des lacis complexes de très fins filaments abondamment ramifiés, qui rappellent les arbuscules intracellulaires des mycorhizes.

Nous n'avons pas réussi jusqu'ici à transplanter les cultures du champignon. Elles sont en effet presque toujours souillées de bactéries qui, lors des repiquages, prennent un développement exubérant et étouffent le mycélium, beaucoup plus fragile.

Des essais analogues ont porté sur les mycorhizes d'autres espèces. Nous avons observé des débuts de développement des endophytes de *Scilla bifolia* L., de *Veratrum album* L. et de *Solanum dulcamara* L.

En résumé, il est possible d'obtenir, dans des milieux de culture plus riches en produits nutritifs et en facteurs de croissance que ceux de nos essais précédents, un développement relativement abondant de l'endophyte de l'*Arum maculatum* avec, dans certains cas, production des arbuscules caractéristiques des champignons de mycorhizes. Il resterait, pour arriver à une solution complète du problème, à purifier les cultures des bactéries qui les souillent et à les reproduire en série à l'état de pureté.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du mouvement de l'eau et des substances dissoutes à travers les tissus végétaux.* Note de Mlle **Lida Levina**, présentée par M. Marin Molliard.

Si l'on sépare deux solutions de concentrations différentes, non par une paroi imbibable inerte analogue à celles qu'utilisent les recherches sur l'osmose, mais par une lame de matière vivante végétale, il semble à priori qu'on doive obtenir plusieurs sortes d'échanges :

1° Ce sont d'abord des *échanges osmotiques* réalisés *entre les deux solutions*, à travers la lame de matière vivante, comme à travers la paroi inerte; un équilibre osmotique doit tendre à se réaliser : il comporte seulement un mouvement d'eau, si la lame utilisée est semi-perméable; un mouvement de la substance dissoute doit se produire de la solution la plus concentrée vers la moins concentrée, si la matière utilisée est perméable à la substance dissoute. Il semble, à priori, que ce soient ces échanges qui doivent dominer l'ensemble du système ainsi constitué et lui imposer le terme de son évolution.

2° Ce sont ensuite des échanges *entre la lame de matière vivante et les*

solutions qui sont installées sur les deux faces : *a*. échanges d'eau d'abord; ils affectent deux aspects : variation d'imbibition des colloïdes, variations osmotiques des concentrations des sucs vacuolaires. L'ensemble de ces réactions peut s'accompagner de plasmolyse, si la solution en contact est suffisamment concentrée; *b*. échanges de substances dissoutes ensuite : soit que les protoplasmes cellulaires soient perméables, soit que la migration des substances dissoutes se réalise par les membranes ou, dans le cas de plasmolyse, par les territoires cellulaires dégagés par ce phénomène.

Préparer l'étude des liens qu'on peut reconnaître entre ces divers échanges, tel est le but de la présente Note.

Les conditions expérimentales réalisées ont été les suivantes : les volumes liquides (eau en A, solution minérale ou organique en B) sont de 8$^{cm^3}$; ces volumes sont séparés par des tranches de tissu médullaire, prélevées sur des tubercules de Pomme de terre (épaisseur 3 ou 5^{mm} suivant les cas; diamètre 23^{mm}). Température au voisinage de 18°.

Les échanges réalisés sont exprimés dans les tableaux I (tranches de 3^{mm}

Tableau I.

		KCl.		CaCl².		Urée.		Glucose.	
1.	2.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.
N : 2....	6 h.	1,75	0,08	1,0	> 0	0,7	?	0,7	?
	24 »	2,5	0,30	1,8	0,06	1,3	0,02	1,0	?
N.......	6 »	2,7	0,46	1,7	0,05	1,5	> 0	1,4	> 0
	24 »	3,8	2,40	3,6	0,42	2,3	0,18	1,7	0,05
2N......	6 »	1,3	3,65	2,7	0,27	3,4	0,22	2,5	1,15
	24 »	1,3	7,45	5,05	3,65	4,75	1,17	4,4	0,60

Tableau II.

		KCl.		CaCl².		Urée.		Glucose.	
1.	2.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.
N : 2....	6 h.	1,15	0,04	0,8	> 0	0,6	??	0,7	??
	24 »	1,17	0,23	1,2	0,04	0,9	> 0	1,0	> 0
N.......	6 »	1,4	0,14	1,2	0,02	0,9	> 0	0,9	> 0
	24 »	3,02	1,60	2,0	0,31	2,1	0,09	1,3	> 0
2N......	6 »	1,75	1,0	2,2	0,16	2,15	> 0	1,8	> 0
	24 »	2,4	4,95	2,5	2,20	3,6	0,5	3,1	0,1

d'épaisseur) et II (tranches de 5^{mm} d'épaisseur) en fonction de la concentration de la solution placée en B au début de l'expérience (colonne 1) et de la durée de celle-ci (colonne 2). Ils comportent deux résultats : dans la colonne 3, *le volume d'eau* appelé à travers le tissu végétal par la solution

utilisée, exprimé en centimètres cubes et pour la durée de l'expérience; dans la colonne 4, *la concentration de la substance* retrouvée en fin de l'expérience en A, du fait de la diffusion réalisée vers l'eau pure; cette concentration est exprimée par le nombre de centimètres cubes de solution N : 10 équivalent à 1^{cm^3} du liquide recueilli.

On voit que les résultats obtenus dépendent 1° des concentrations placées en B; 2° de la nature des substances utilisées.

1° Pour une substance telle que KCl, le volume d'eau mobilisé est plus grand, si la solution en B est de concentration N, que si elle est N : 2 ou 2 N. Avec $CaCl^2$, glucose, urée, le volume d'eau mobilisé s'accroît avec la concentration.

L'épaisseur du disque ralentit le passage de l'eau avec $CaCl^2$, glucose, urée et avec KCl à concentration faible. Avec une concentration forte de KCl au contraire, c'est à travers le disque le plus épais que le mouvement d'eau est le plus important.

2° L'influence de la nature des substances solubles utilisées se marque snrtout sur la concentration réalisée en A. D'après leur vitesse de diffusion, les diverses substances constituent la série décroissante : $KCl > CaCl^2 >$ urée et glucose, pour lesquels l'ordre de grandeur est le même.

La comparaison des deux phénomènes, mobilisation de l'eau, passage de la substance dissoute, fait ressortir une différence profonde entre eux. Le passage d'eau est actif durant les premières heures et se ralentit rapidement, puis s'arrête entre 24 et 48 heures, parfois avant (pour KCl 2 N, le passage d'eau est terminé après 6 heures). La diffusion de la substance dissoute se poursuit longtemps. L'arrêt du mouvement d'eau la favorise plutôt; au contraire la diffusion rapide de la substance dissoute hâte la fin du mouvement d'eau.

L'analyse des conditions réalisées dans la lame du tissu végétal, et particulièrement le phénomène d'imbibition et de plasmolyse (il s'agit en effet de solutions concentrées), fournit une explication de ces résultats.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le glucose et la respiration des cultures de tissus végétaux*. Note de MM. **Lucien Plantefol** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Marin Molliard.

L'un de nous a montré [1] qu'au début des cultures de tissus végétaux, pendant quelques jours, l'intensité respiratoire va croissant pour retomber

---

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1121.

ensuite, lentement, à sa valeur initiale et même dans nos expériences, au-dessous de cette valeur. On peut penser rapporter l'excitation respiratoire qui caractérise la première période physiologique de la culture à plusieurs causes : action d'une tension d'oxygène supérieure à celle qui régnait dans la tige qui a fourni le tissu cambial, action lésionnelle comme pourraient en produire les hormones de blessures, action du glucose du milieu de culture. C'est cette dernière cause dont nous allons essayer de déterminer l'importance.

Le rôle du glucose du milieu de culture dans la respiration d'un fragment en culture peut aisément être mis en évidence par deux expériences complémentaires : l'une montre quelle est la variation de la respiration pour des cultures faites sur milieu glucosé que l'on repique sur milieu sans glucose, l'autre quelle est la variation de la respiration pour des cultures faites sur un milieu sans glucose et que l'on repique sur un milieu glucosé.

I. *Cultures faites sur milieu glucosé, repiquées sur milieu minéral.* — Pour éviter une excitation possible des cultures par les procédés d'extraction des gaz, on a utilisé quatre cultures différentes qui ont fourni chacune une seule expérience, un temps variable après le repiquage. Les cultures utilisées sont d'ailleurs très comparables : leur poids sec est du même ordre de grandeur : elles comportent, après 48 jours de culture, un tissu néoformé assez abondant, dont le poids sec a été mesuré. L'intensité respiratoire des cultures totales est exprimée en centimètres cubes de CO^2 dégagés par gramme de tissu sec et par heure.

Jours après le repiquage		1.	2.	3 à 5.	6 à 8.
Poids sec (g).	culture totale	0,137	0,112	0,158	0,181
	tissu néoformé	0,022	0,020	0,026	0,018
CO^2 dégagé (cm^3)		0,224	0,148	0,125	0,075

On voit que l'intensité respiratoire s'abaisse très rapidement du premier au second jour (de 100 à 66), plus lentement les trois jours suivants (moyenne : 56), pour tomber à une valeur très faible (33) à la fin de l'expérience. Le tissu qui demeure en vie utilise alors ses réserves. Le glucose fourni par le milieu constitue donc à chaque instant, dans une culture glucosée, une part importante du métabolite respiratoire.

II. *Cultures faites sur milieu minéral, repiquées sur milieu glucosé.* — L'expérience a été réalisée d'une manière analogue, mais on a utilisé trois cultures; chaque période compte donc trois valeurs (cm^3 de CO^2 dégagé par gramme de tissu sec et par heure)

Jours après le repiquage......	1.	2.	3-5.	6-8.
CO^2 dégagé (cm^3)	0,036	0,035	0,068	0,070
	0,042	0,051	0,071	0,090
	0,089	0,070	0,105	0,094

Les cultures utilisées sont aussi comparables que possible : toutes présentent sur une face un début de développement, mais si faible que le tissu néoformé ne peut pas être séparé et pesé; de plus, maintenues sur milieu minéral depuis 40 jours déjà, elles donnent depuis le 30e jour des signes de dégénérescence. Celle-ci est plus ou moins marquée, d'où les différences d'intensité respiratoire. Mais l'action du glucose apparaît d'autant plus nettement. Écartant deux valeurs aberrantes, on obtient comme moyennes, pour les temps envisagés,

1er jour, 0,039; 2e jour, 0,052; 3-5 j., 0,070; 6-8 j., 0,085.

Ainsi l'intensité respiratoire s'élève rapidement au transfert des cultures du milieu minéral sur milieu glucosé. En 8 jours, l'intensité respiratoire est doublée. On s'approche de l'ordre de grandeur fourni par des cultures conservées sur milieu glucosé et où la croissance ne s'est pas produite (0,114 à 0,150).

III. *Étude des cultures sur milieu minéral.* — Ces résultats rendraient vraisemblable qu'on expliquât par l'action du glucose l'excitation respiratoire qui caractérise la première période physiologique de la culture. L'établissement de cultures sur milieu purement minéral montre qu'il n'en est rien. En effet ces cultures, qui fournissent le premier jour des intensités respiratoires à peine inférieures à celles des cultures sur milieu glucosé (0,158 au lieu de 0,180) présentent dans les jours suivants une excitation respiratoire comparable.

L'intensité à laquelle s'élève la respiration est d'ailleurs beaucoup plus variable que pour les cultures sur milieu glucosé : dans notre première série, nous avons obtenu un maximum qui est relativement peu inférieur à celui des cultures correspondantes sur milieu glucosé (0,400 au lieu de 0,500); dans notre seconde série, le maximum a été beaucoup plus faible (0,240 au lieu de 0,430).

Au delà du maximum, l'intensité respiratoire s'abaisse plus ou moins rapidement. La période d'excitation passée, la respiration se fixe à des valeurs basses : au bout de 33 jours, l'ordre de grandeur est $0^{cm^3},030$ par g-sec/heure, alors que sur milieu glucosé, il est de 0,135. Les tissus qui

sans doute ne produisent plus alors aucune croissance épuisent lentement leurs réserves. Nous avons vu quelle réaction détermine leur passage sur milieu glucosé.

En résumé le glucose constitue bien un métabolite respiratoire pour les cultures de tissus végétaux, mais sa présence ne suffit pas à expliquer l'excitation respiratoire manifestée au début de la culture.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les modifications subies par une Algue prenant part à la constitution d'un Lichen* (Placynthium nigrum *S. Gray*). Note de M. A. DE PUYMALY, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Dans la plupart des cas, les Algues qui prennent part à la constitution des Lichens conservent dans le thalle de ces derniers l'aspect qu'elles ont à l'état libre ou ne subissent que des modifications légères. Il en est autrement de la Cyanophycée qui fait partie d'un Lichen assez répandu, le *Placynthium nigrum* (Huds.) S. Gray. E. Bornet [1], qui, le premier, essaya de l'identifier, l'assimila au *Scytonema Kützingianum* Kütz., dénommé actuellement *Scyt. ocellatum* Lyngb. Or cette notion, acquise en 1874, a subsisté jusqu'à nos jours. Il faut en effet arriver en 1934 pour trouver sur ce sujet une nouvelle publication due à L. Geitler [2]. Des essais de culture, que cet auteur a effectués dans des conditions plus ou moins artificielles, il ressort que l'Algue gonidiale du *Placynthium nigrum* n'appartient nullement aux *Scytonemataceae*, mais à la famille des *Rivulariaceae* et serait très vraisemblablement identique au *Dichothrix Orsiniana* (Kütz.) Born. et Flah.

Or, au cours de l'été dernier, je récoltai dans la région d'Argelès-Gazost (Hautes-Pyrénées) de nombreux spécimens de *Pl. nigrum* et, ignorant à ce moment-là les recherches récentes de Geitler, j'eus là curiosité d'en étudier les gonidies. Dans les squamules du thalle lichénique je voyais des cellules subsphériques ou dolioliformes, souvent irrégulières et déformées, se multipliant par bipartition et lâchement unies en filaments moniliformes, souvent flexueux et très contournés, montrant çà et là un hétérocyste terminal. J'eus bientôt l'intuition que j'avais sous les yeux une forme aberrante, dégradée, défigurée par le mode de vie qu'elle mène au

---

(1) *Ann. des Sc. Nat. Bot.*, 5e série, 17, 1873 et 19, 1874.

(2) *Arch. für Protistenkunde*, Bd. 82, 1934.

sein du Lichen. J'essayai donc de lui offrir des conditions d'existence plus naturelles. En plaçant des squamules lichéniques dans de l'eau de source j'observai que ceux-ci laissaient échapper des filaments d'Algue. Or, en maintenant ces derniers dans de l'eau de source fréquemment renouvelée, je suis arrivé à leur faire reprendre leur physionomie normale et à constater que l'Algue du *Pl. nigrum* est bien une *Rivulariaceae* et appartient au genre *Calothrix*.

Cette Algue est, en effet, représentée par des filaments ou trichomes dont le diamètre augmente progressivement du sommet à la base où se trouve un hétérocyste terminal moins large que les cellules végétatives adjacentes qui sont plus ou moins renflées; à celles-ci font suite des cellules courtes, discoïdes, larges de 5 à 8^{μ}, légèrement rétrécies au niveau des cloisons transversales et dont le contenu fortement pigmenté est de teinte érugineuse; puis vient une zone méristématique, composée de cellules très courtes, auxquelles succèdent des éléments beaucoup plus longs que larges, clairs, dépourvus de pigments et dont l'ensemble forme une sorte de poil apical très mince; enfin une gaine mucilagineuse, hyaline et lamelleuse enveloppe la partie pigmentée du trichome.

Comme on le voit, cette Algue est, à l'état normal, hautement différenciée. Sous l'influence de la vie qu'elle mène au sein du thalle lichénique, elle s'est profondément dégradée : elle a perdu sa polarité; on ne distingue plus ni base, ni sommet, car la partie piliforme a disparu et l'hétérocyste basilaire est souvent absent; la gaine manque également ou tout au moins n'a pas son aspect normal; les filaments, en outre, sont devenus très tortueux. Mais ces modifications, sur lesquelles Geitler attire l'attention et qu'on pourrait dans une certaine mesure attribuer à l'action mécanique exercée par les hyphes qui compriment fortement l'Algue, ne sont pas les seules observées. Les cellules pigmentées, au lieu de demeurer régulières et discoïdes, sont devenues subsphériques ou dolioliformes en même temps qu'irrégulières et déformées; de plus, elles se sont *hypertrophiées;* enfin, au lieu de naître aux dépens d'une zone méristématique à activité limitée, elles se multiplient sans cesse par bipartition, conférant ainsi au filament qu'elles forment une croissance théoriquement indéfinie. Or, ces dernières modifications sont évidemment le résultat de l'influence morphogène exercée par le Champignon et sont d'autant plus intéressantes que ce dernier n'envoie pas de suçoirs dans les cellules gonidiales.

L'Algue ainsi élevée dans de l'eau de source et à la lumière du jour,

c'est-à-dire dans des conditions aussi naturelles que possible, possède tous les caractères d'un *Calothrix* et paraît très voisine du *Cal. fusca* (Kütz.) Born. et Flah., espèce qui jusqu'à présent n'a été trouvée que dans le mucilage de différentes Algues d'eau douce (*Batrachospermum*, *Palmella*, *Nostoc*, etc.).

Je ne puis ici m'étendre davantage sur cette Cyanophycée, que je figurerai et décrirai d'une manière plus détaillée dans un travail que je me propose de publier prochainement sur le *Placynthium nigrum*.

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Différenciation des organes reproducteurs dans des boutons anormaux de* Solanum tuberosum L. *var.* Ersterlingen. Note (1) de Mlle **Lisette Piettre**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des pousses anormales de *Solanum tuberosum* obtenues à contre saison, dans des conditions spéciales de culture (1), m'ont permis de suivre et de comparer le développement des organes reproducteurs formés à ce stade juvénile. Le fait saillant de ces observations est le retard constant, variable selon les origines de l'anomalie, de la différenciation des cellules reproductrices. Les divisions cellulaires préparatoires de la sexualité traduisent suffisamment le phénomène pour me permettre d'affirmer que l'ébauche des tissus reproducteurs est en réalité le facteur dominant qui détermine l'équilibre et la répartition discontinue des verticilles fondamentaux de la fleur en pétales, étamines et carpelles.

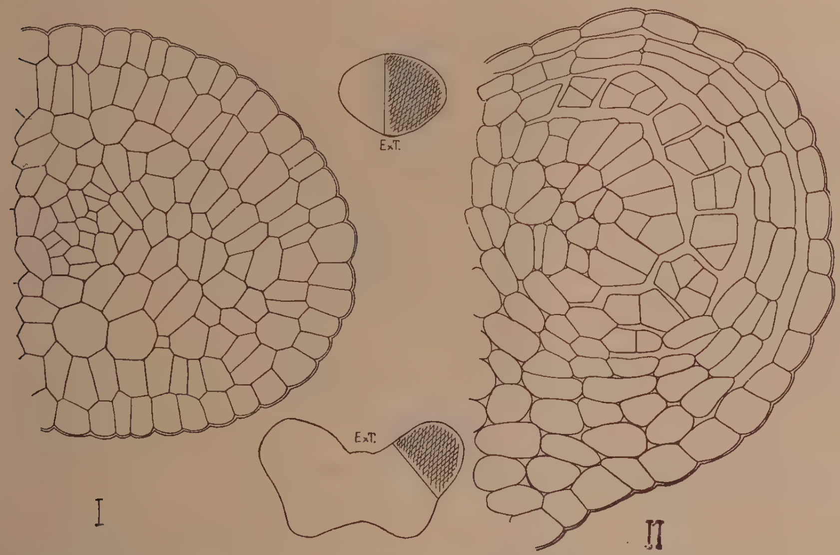
I. *Fleurs* (*ou inflorescences*) *anormales* (développées sur des pousses charnues de 15 à 20cm). — Les bourrelets qui alternent avec les pétales dans le centre des boutons (2), occupent la position des futures étamines. Ils donnent, en section transversale (*fig.* I), des surfaces elliptiques au centre desquelles des cellules petites représentent l'unique faisceau. Aux extrémités du grand axe, les cellules ont une forme polygonale et exceptionnellement une est divisée tangentiellement : c'est l'unique et rare indice d'un début de différenciation du tissu reproducteur. La prédominance du caractère végétatif s'accuse par l'irrégularité des contours des pseudo-étamines, par leur répartition assez souvent quelconque. De plus, comparées entre elles, les surfaces des sections des pseudo-étamines sont nettement inférieures à celle des pétales.

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) *C. R. S. Biol.*, 125, 1937, p. 734; *R. Hort.*, 1938, p. 189.

II. *Fleurs juvéniles obtenues en serre.* — Dans ces conditions (15-20°; degré hygrométrique 40-80) les pousses de 50-60^{cm} donnent des inflorescences portant des boutons bien différenciés quoique prématurés et se desséchant avant leur épanouissement : ici la différenciation des organes reproducteurs et de leurs massifs sexuels est constamment plus avancée que dans le cas des pousses tératologiques; les sections des massifs inclus dans le périanthe bien défini sont ovales, régulièrement réparties en un verticille; dans les boutons les plus développés ces organes, véritables étamines, présentent quatre sacs polliniques bien constitués (*fig.* II).

On y remarque un épiderme à cellules aplaties, puis deux assises : l'assise pariétale externe, le tapis externe, et les cellules mères de pollen en voie de division.



Coupes anatomiques (× 480) des massifs les plus différenciés des organes correspondant aux étamines de *Solanum tuberosum* : en I, du bouton juvénile anormal avant la dessiccation; en II, du bouton juvénile de serre, avant la dessiccation.

Le cas tératologique nous met en présence d'inflorescences dont les tissus conservent très tard et jusqu'à leur dessiccation les caractéristiques des tissus végétatifs avec, une fois sur cinq et dans le bouton le plus différencié, une amorce très atténuée de l'ébauche du tissu reproducteur. Les massifs correspondant aux étamines ne montrent aucune trace de début de la différenciation sexuelle, traduite par l'augmentation de taille des organes

et par la multiplication en masse des jeunes cellules. L'ovaire est réduit à une cuvette dont les tissus ne sont pas différenciés.

Dans les boutons de serre, les bourrelets formés ont tous les caractères de jeunes étamines avec massifs des cellules mères de pollen bien distinctes par les divisions préparatoires; l'ovaire, par sa forme et par l'état de division de ses cellules, présente les particularités anatomiques qui annoncent leur destination.

Ainsi la métamorphose des parties de la fleur et leur répartition en verticilles est en corrélation étroite avec les débuts de l'apparition des massifs polliniques; les boutons bien constitués doivent leur régularité à la différenciation très précoce des cellules mères de pollen, sinon des ovules.

CYTOLOGIE. — *Sur les structures superficielles des Ciliés Hétérotriches et la continuité génétique de leur cinétome.* Note [1] de Mme S. **Villeneuve-Brachon**, présentée par M. Charles Pérez.

La structure de l'appareil ciliaire et du tégument des Ciliés Holotriches, a été bien étudiée ces dernières années à l'aide des méthodes d'imprégnation argentique (B. Klein, Gelei, Chatton et Lwoff, Chatton et Mme Villeneuve-Brachon). Ces trois derniers auteurs utilisant en outre les méthodes cytologiques courantes, sont parvenus à une conception synthétique de la structure superficielle de ces Infusoires, qu'ils ont exposée dans une série de publications auxquelles je renvoie pour la terminologie utilisée ici [2].

La présente Note est le résumé des recherches que j'ai entreprises sur les Ciliés Hétérotriches, intermédiaires entre les Holotriches et les Hypotriches étudiés d'autre part par Chatton et Seguela [3].

Cinétome. — Chez les Hétérotriches à cinéties longitudinales, excepté les *Spirostomum*, le cinétodesme porte ses cinétosomes sur un court pédicule oblique vers l'avant, toujours à sa gauche, ce qui vérifie pour toutes les espèces étudiées, y compris le *Spirostomum*, la *règle de la desmodexie* établie par Chatton et Lwoff. Chez les *Cœnomorpha* les cinétosomes encore alignés en files parallèles ne sont pas unis par un cinétodesme. Chez les

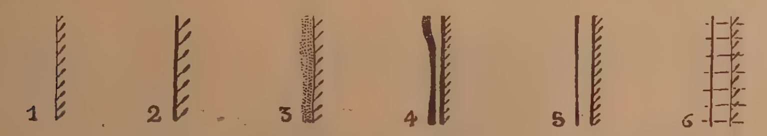
(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) E. Chatton et A. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, **118**, 1935, p. 1068-1072; *Bull. Soc. Fr. de Microscopie*, 5, 1936, p. 25-39.

(3) Voir ci-dessus p. 868, la Note de M. E. Chatton et Mlle J. Seguela.

Licnophora il existe des cinétosomes erratiques. Contrairement à ceux des Holotriches, les cinétosomes poussent en profondeur des racines ciliaires ou cinétorhizes, particulièrement chez le *Peritromus*.

Myonèmes. — Beaucoup d'Hétérotriches sont contractiles, et l'on sait que cette propriété est le fait des myonèmes qui suivent les stries ciliaires (*Spirostomum*, *Condylostoma*, *Stentor*). Mais quels sont exactement les rapports de ces myonèmes avec les cinéties et même en sont-ils distincts ? La réponse diffère suivant les espèces étudiées : chez les Hétérotriches non contractiles tels que la *Fabrea salina* de Henneguy (*fig*. 1), la cinétie ne



Cinéties et myonèmes de quelques Ciliés Hétérotriches (*voir* le texte).

montre qu'un cinétodesme très mince, non contractile, que ce savant a cependant appelé *myonème*. Chez les *Spirostomum* et les *Condylostoma* contractiles, il n'existe encore qu'un cinétodesme, devenu épais et contractile, sans différenciation (*fig*. 2). Chez les *Blepharisma* (*fig*. 3), très déformables, le cinétodesme est rubanné. Mais ce n'est que chez les *Stentor* (*fig*. 4) et les *Folliculina* (*fig*. 5) qu'apparaît un myonème différencié du cinétodesme (déjà bien vu par Martin-Mayer, 1901), d'aspect identique, celui-ci étant plus épais que chez les formes précédentes. Enfin, chez le *Peritromus* (*fig*. 6), le cinétodesme, très fin, est accompagné par un myonème étroit. Perpendiculairement à ce système courent de fines fibrilles transversales. Chez les Hétérotriches à cinétome épars, comme les *Licnophora*, la contractilité est due aux racines des cils des membranelles unies en un faisceau central.

Chondriome. — Les mitochondries sont plus indépendantes du cinétome que chez les Holotriches ([4]). Seules les membranelles paraissent exercer sur elles une attraction. Cependant, chez les *Spirostomum* et chez le *Péritromus*, on retrouve des mitochondries appendues aux cinéties, comme chez les *Glaucoma*.

Argyrome. — Inexistant chez les *Spirostomum*, il est réduit à un cordon (argyrodesme) suivant le trajet de la cinétie chez de nombreux Hétéro-

---

([4]) E. Chatton et S. Brachon, *C. R. Soc. Biol.*, **118**, 1935, p. 958-961.

triches tels que les *Fabres*, *Metopus*. Chez les *Condylostoma*, les *Chattonidium*, les cordons, plus larges, englobent les cinétosomes et projettent des expansions latérales qui, au pôle postérieur, s'anastomosent en réseau.

L'argyrome des *Cœnomorpha* est un réseau à mailles assez grandes sur la face dorsale, très fines sur la face ventrale, celui des *Licnophora* est à très petites mailles.

Différents modes de stomatogénèse. — Chez les Hétérotriches à cinéties longitudinales, l'ébauche buccale peut être formée par multiplication des cinétosomes d'une seule cinétie (*Spirostomum*, *Chattonidium*), ou de deux à quatre cinéties sur toute la longueur de celles-ci (*Condylostoma*, *Peritromus*).

Chez les *Fabrea* et les *Stentor*, tout un champ de cinéties entre en prolifération, mais sur une faible longueur et suivant une direction oblique. Dans ces deux derniers cas, il y a régression de l'ancien péristome.

Enfin, chez les Hétérotriches à cinétosomes erratiques (*Licnophora*), l'ébauche buccale est formée par rassemblement, multiplication et agencement en bandes, de cinétosomes erratiques, préalablement dispersés sur l'argyrome, exactement comme chez l'Hypotriche du genre *Opisthotricha* étudié ici-même par Chatton et Seguela (3).

Mais, quel que soit le mode de la stomatogénèse, celle-ci se réduit, en dernière analyse, à une prolifération de cinétosomes préexistants, soit investis dans les cinéties, soit erratiques sur l'argyrome, ce qui vérifie, pour ce qui est des Hétérotriches, la thèse de la continuité génétique du cinétome formulée et soutenue par Chatton et Lwoff en ce qui concerne les Holotriches et les Acinétiens, par Chatton et moi-même en ce qui concerne les Péritriches (5) et ici-même par Chatton et Seguela pour ce qui est des Hypotriches.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le polymorphisme de certains Coléoptères Bostrychides.* Note (1) de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. Louis Bouvier.

Certains Bostrychides offrent de remarquables particularités de variation sexuelle que j'ai signalées autrefois ici-même (2) sous le nom de

(5) Chatton et Mme S. Villeneuve-Brachon, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 538-541.

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) *Comptes rendus*, 1er avril 1901.

pœcilandrie périodique, nom que j'ai proposé depuis ([3]) de changer en celui de pœcilandrie métamérique afin d'en mieux marquer le caractère spécial.

En principe, le mâle des *Bostrychopsis*, *Heterobostrychus* et *Schistoceros* se distingue de la femelle par des caractères affectant à la fois la tête, le prothorax et les élytres, savoir : chez le mâle un front simple, un prothorax armé de cornes en avant, des élytres munis de tubercules sur leur déclivité apicale; chez la femelle un front tumescent ou garni d'une vestiture spéciale, un prothorax sans cornes et des élytres sans tubercules.

Or les mâles de certaines espèces appartenant à ces mêmes genres peuvent apparaître sous quatre formes principales que j'ai appelées mâles hétéromorphes, céphalogynes, hémigynes et homéomorphes. Les premiers possèdent la totalité des caractères secondaires du mâle; chez les seconds, ces caractères sont remplacés, sur la tête, par ceux de la femelle; chez les hémigynes, c'est à la fois la tête et le prothorax qui offrent exactement les attributs femelles tandis que les élytres conservent ceux du mâle; enfin, chez les homéomorphes, les élytres eux-mêmes deviennent semblables à ceux de la femelle et le mâle prend toute l'apparence extérieure de celle-ci.

On ne connaît pas d'espèce possédant à la fois ces quatre formes mâles. Celle où la variation est la plus étendue, le *Bostrychopsis uncinata* Germ., a trois formes mâles correspondant à la femelle *Castelnaui*, l'hétéromorphe, l'hémigyne et l'homéomorphe, tandis que les *Bostrychopsis uncinata Gounellei* Lesne, *B. trimorpha* Lesne, *B. parallela* Lesne, *B. tonsa* Imh., *Heterobostrychus pileatus* Lesne et *Schistoceros malayanus* Lesne n'ont que les mâles hétéromorphe et hémigyne.

En deux cas, le dimorphisme masculin est un peu différent du précédent. Chez le *Bostrychopsis scopula* Lesne, il existe, outre le mâle hétéromorphe, un hémigyne imparfait, le gynomorphisme prothoracique étant incomplet par suite de la présence de cornes moitié moins longues que celles de l'hétéromorphe, les tarses antérieurs étant ceux de la femelle. Il y a ici une sorte d'atténuation au caractère de saltation habituel de la variation métamérique, atténuation qui se retrouve presque identique chez un autre *Bostrychopsis* du Nord-Est africain, le *B. Bozasi* Lesne.

D'autres espèces n'ont qu'une seule forme mâle connue fixée soit au stade céphalogyne (*Heterobostrychus unicornis* Wat., *Bostrychopsis tetraodon* Frm., *B. villosula* Lesne, *B. laminifer* Lesne), soit au stade hémigyne (*Schistoceros bimaculatus* Ol.).

([3]) *Les Coléoptères Bostrychides de l'Afrique tropicale française*, 1924, p. 22.

Enfin ne possèdent qu'un mâle hétéromorphe les *Heterobostrychus hamatipennis* Lesne, *Schistoceros anobioides* Wat., *Bostrychopsis confossa* Frm., *B. jesuita* F. etc.

Cette variation discontinue particulière, qui introduit dans une même entité spécifique jusqu'à trois sortes de mâles, se complique parfois d'un autre mode de variation, celle-là continue, je veux parler de la pœcilandrie de stature, qui, combinée à la pœcilandrie métamérique, donne naissance à de nouvelles formes. Chez les *Bostrychopis tonsa*, *B. parallela* et *Heterobostrychus pileatus* elle fournit quatre sortes de mâles : un hétéromorphe normal, un hétéromorphe major, un hémigyne normal, un hémigyne major.

Tandis que la pœcilandrie par variation continue est sous la dépendance de la taille, ce sont les signes secondaires femelles qui impriment à la pœcilandrie métamérique son caractère propre. Ici la variation a lieu par saltation, pouvant frapper successivement, en les transformant d'emblée dans l'intégralité de leurs attributs sexuels, les segments frontal, prothoracique et mésothoracique mâles qui prennent ainsi brusquement, l'un après l'autre, les caractères féminins.

Les deux modes de variation peuvent d'ailleurs interférer chez une même espèce, de telle sorte que, lorsque la taille du mâle s'élève, qu'il s'agisse de l'hétéromorphe ou de l'hémigyne, le prothorax acquiert un développement proportionnel plus grand que chez les mâles de taille moyenne ou petite.

Si l'influence causale du milieu peut être invoquée dans le cas de la variation continue, c'est à un tout autre déterminisme qu'il faut attribuer la variation métamérique. On notera que l'ordre suivant lequel sont atteints les somites sensibles est le même que celui prévalant lors de la nymphose au cours de l'hystolyse puis de l'hystogénèse et, plus tard, de l'agonie normale. Dans tous ces faits de même observance chronologique le processus s'étend du métamère le plus âgé vers le plus jeune et paraît lié par conséquent à l'ontogénèse. Dans le cas de la pœcilandrie métamérique, tout se passe comme si, au cours d'un processus de réversibilité du sexe tel que ceux étudiés sous le nom d'intersexualité, le phénomène, progressant comme il vient d'être dit, était susceptible d'être interrompu tantôt à tel stade tantôt à tel autre.

On constate, par ailleurs, que chez certaines espèces, par exemple le *Bostrychopsis jesuita*, c'est le mâle qui reste invariable tandis que la femelle tend à acquérir par gradation les caractères du mâle, et que, chez d'autres (*B. confossa* Frm., *B. Reichei* Mars., *B. bengalensis* Lesne, etc.), ces

caractères masculins sont fixés chez la femelle à un stade unique plus ou moins voisin de celui du mâle hétéromorphe, comme si l'on se trouvait en présence d'intersexués normaux femelles s'opposant aux intersexués mâles dont il a été question plus haut.

Ces faits mettent en évidence le dynamisme dont font preuve les Bostrychides dont nous parlons et nous les montrent réalisant suivant un mode tout spécial une large expérience de réversibilité des signes sexuels.

ZOOLOGIE. — *Sur la physiologie de l'appareil parabasal de* Trypanophis Grobbeni *Poche*. Note (1) de M. **Maurice Rose**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le genre *Trypanophis* Keysselitz est représenté par des Flagellés parasites des cavités digestives de certains Siphonophores. Chez *T. Grobbeni* Poche, on trouve, dans le cytoplasme, des inclusions particulières, les *cassettes* des auteurs. Ce sont de gros corps réfringents, alignés selon le grand axe du corps et s'étendant, chez les formes adultes, dans toute la longueur de la cellule. Elles prennent naissance tout à fait en avant du Protozoaire, cheminent vers l'arrière où souvent elles sont éliminées par petits paquets de 2 ou 3.

L'appareil parabasal est situé dans la région où prennent naissance les cassettes, vers le point d'insertion des flagelles, juste en arrière du bec par lequel le parasite se fixe aux tissus de son hôte.

Si l'on colore les *Trypanophis* par le vert Janus ou le Gram, selon la méthode que j'ai indiquée ailleurs (2), on constate que l'appareil parabasal se présente comme une masse ovoïde qui se teinte vivement par l'éosine, et formée d'un protoplasme dense presque homogène, ou pourvu de plages un peu plus foncées. Il renferme un gros globule, fortement colorable par le vert Janus, entouré d'une auréole claire.

Sur d'autres préparations, on voit le parabasal chargé de nombreux grains très colorés, répartis sur sa périphérie. Ces grains sont tous de même taille et vraisemblablement de même âge. Chez d'autres individus, ces grains sont plus gros et moins nombreux; ils semblent dériver des granules initiaux qui ont plus ou moins grossi et se sont plus ou moins fusionnés entre eux.

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 975.

Certains spécimens montrent des grains moins abondants, de taille inégale et commençant à se détacher pour tomber dans le cytoplasme, où ils disparaissent rapidement. Entre les grains, la substance fondamentale



1. *Trypanophis Grobbeni* adulte, montrant l'organisation générale du Flagellé. *p*, appareil parabasal; *c*, cassettes. G. 1200. — 2. Appareil parabasal dépourvu de grains de sécrétion. G. 2000. — 3. Apparition de grains petits et nombreux dans l'appareil parabasal. G. 2000. — 4. Appareil parabasal chargé de grains volumineux. G. 2000. — 5. Émission des grains dans le cytoplasme, où ils semblent se dissoudre. G. 2000.

du parabasal redevient visible çà et là. Plus tard, elle sera purgée des grains qu'elle fabrique, et l'appareil parabasal réapparaîtra avec ses caractères initiaux.

Il semble que les cassettes, qui sont formées de plusieurs substances (protides et lipoïdes), empruntent une partie de leur matière aux grains sécrétés par le parabasal. En effet les très jeunes cassettes, placées tout contre l'organite sécréteur, ont des caractères tinctoriaux particuliers, mais qui disparaîtront peu à peu, à mesure qu'elles descendent dans le corps. D'autre part, si l'on fixe tardivement des *Tripanophis* agonisants, on voit que les cassettes en voie d'altération se résolvent à leur périphérie en une couche de granules, qui ont toutes les réactions colorées des grains sécrétés par le parabasal.

Tous ces faits plaident en faveur de l'interprétation suivante du fonctionnement de l'appareil parabasal de *T. Grobbeni*. Ce serait un organite glandulaire, élaborant, à partir de matériaux puisés dans les liquides de l'hôte parasité, des substances chimiques particulières, décelables en partie par leurs réactions colorantes spéciales. Elles apparaissent sous forme de grains rejetés dans le cytoplasme, où ils se modifient et se transforment en produits variables, plus ou moins élaborés. Certains sont incorporés aux cassettes qu'ils contribuent à construire.

La sécrétion parabasale ne paraît pas absolument continue. Il semble y avoir des périodes de fonctionnement plus ou moins intense, séparées par des repos plus ou moins longs. L'appareil parabasal apparaît ainsi comme une glande interne à sécrétion périodique.

A titre d'hypothèse, on peut supposer que l'alternance serait provoquée par la fixation et la précipitation sur les cassettes, des produits élaborés; et ainsi destruction d'un équilibre qui tendrait à s'établir.

Enfin il est indiscutable que, dans *T. Grobbeni*, existe un *gradient physiologique* intracellulaire longitudinal, comme on en connaît beaucoup d'exemples.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle méthode biochimique de dosage de la vitamine C.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **C.-P. Leblond**, présentée par M. Paul Portier.

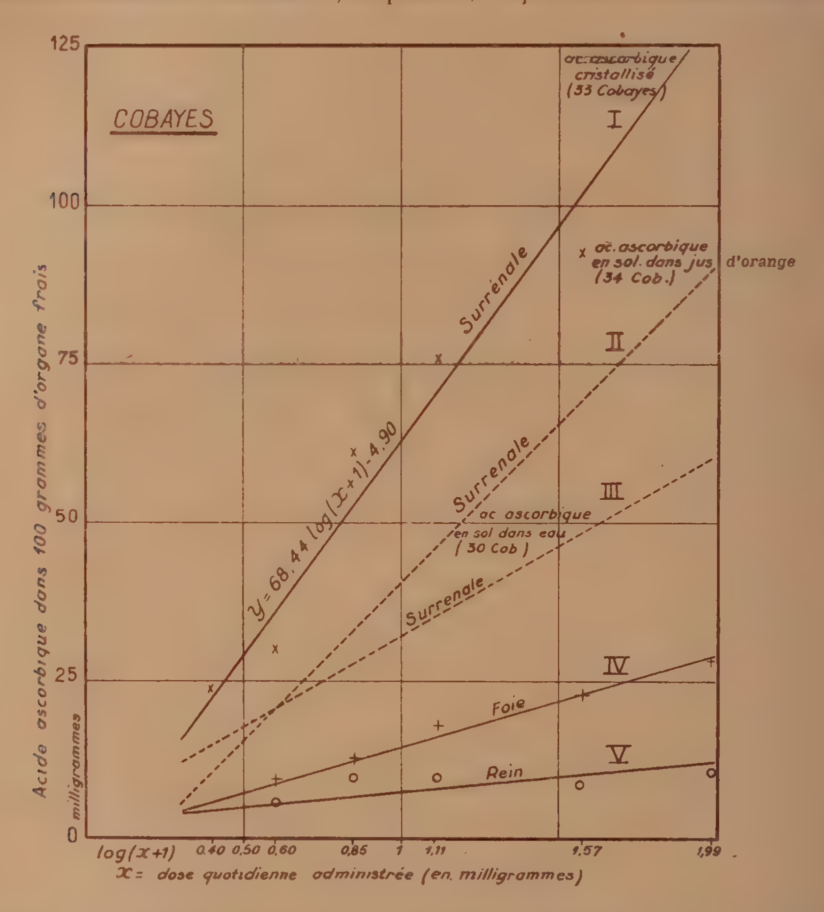
Lorsqu'un cobaye est soumis à un régime privé de vitamine C, la teneur en acide ascorbique de ses organes s'abaisse rapidement jusqu'aux environs de zéro. Si l'animal reçoit chaque jour de petites quantités d'acide ascorbique, le taux de ses organes en cette vitamine se stabilise au bout de deux à trois semaines, et ce taux stabilisé est d'autant plus élevé que les quantités d'acide ascorbique administrées ont été plus grandes (1); on a ainsi pu montrer que le taux des organes variait comme le logarithme de la dose quotidienne d'acide ascorbique administrée à l'animal (2).

Nous avons pensé que l'existence d'une relation entre l'acide ascorbique ingéré et l'acide ascorbique fixé dans les organes pouvait permettre de

(1) L. Randoin, A. Giroud et C.-P. Leblond, *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 1649.

(2) A. Giroud, C.-P. Leblond et R. Ratsimamanga, *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1088.

calculer le premier dans le cas où l'autre est connu. Ainsi, en nourrissant des cobayes avec une quantité définie d'une substance dont on cherche à connaître la teneur en vitamine C, on pourra, d'après les valeurs de l'acide



ascorbique existant dans les organes, calculer la quantité d'acide ascorbique présente dans la substance étudiée. Pour ce calcul, une formule était nécessaire : l'établissement de cette formule a été précisément le but de ce travail.

Des cobayes de 400 à 500g mis au régime scorbutigène de L. Randoin ont reçu des doses quotidiennes de 1mg,5 ; 3mg ; 6mg ; 12mg ; 36mg et 96mg d'acide ascorbique, incorporées avec soin au gâteau de régime ; de cette façon la vitamine C a été apportée dans le tractus digestif sous une forme compa-

rable à celle où elle se trouve dans les aliments naturels. Dix-huit jours après le début de l'expérience, les animaux ont été sacrifiés et l'acide ascorbique a été dosé dans certains organes (surrénales, foie, reins) en utilisant la méthode au dichlorophénol-indophénol. Les résultats que nous avons obtenus sont mis en évidence dans le graphique [3].

Ce sont les valeurs trouvées dans la surrénale qui donnent les résultats les plus significatifs. Elles permettent d'établir, par la méthode des moindres carrés, la relation suivante entre le taux d'acide ascorbique des organes (y) et la dose quotidienne d'acide ascorbique administrée (x)

$$y = 68{,}44 \log(x+1) - 4{,}90.$$

Conclusion. — Si, pendant 18 jours, l'on donne à des cobayes des quantités définies d'une substance dont on veut connaître le contenu en acide ascorbique, il est possible, d'après le taux d'acide ascorbique trouvé par dosage chimique dans les organes, de calculer, à l'aide de la formule que nous avons établie, la teneur en vitamine C de la substance en question. Cette nouvelle méthode biochimique est bien spécifique et fournit des résultats quantitatifs absolument précis.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine.* Note [1] de Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Charles Achard.

1. Nous avons utilisé pour nos expériences de l'oxyhémoglobine en beaux cristaux préparée par M. Piettre [2] à basse température avec toutes les précautions qu'il a indiquées pour éliminer les sources d'impuretés, l'échantillon ayant été conservé en chambre froide depuis sa préparation. La présence de ClK accroissant notablement la solubilité de l'oxyhémo-

---

[3] Les courbes I, IV et V ont été tracées d'après nos résultats numériques; les courbes II (acide ascorbique en solution dans *jus d'orange*) et III (acide ascorbique en solution dans *eau*) d'après Giroud et collaborateurs (*Yale Journ. of Biol. and Med.*, **9**, 1937, p. 573; *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1088).

Les courbes I, II et III ont été établies par la méthode des moindres carrés; les courbes IV et V sont approximatives.

[1] Séance du 13 mars 1939.

[2] *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 307

globine dans l'eau, l'oxyhémoglobine a été dissoute dans un milieu solvant constitué par une solution de ClK.

Les mesures magnétiques ont été faites au moyen de la balance de Curie et Cheneveau, la rotation de l'aimant étant produite par un démultiplicateur actionné à la main, qui permet d'obtenir une rotation à la fois très lente et très régulière. Les déviations de l'équipage mobile étaient observées avec une lunette comportant une règle graduée; l'observation du fil réticulaire de la lunette permettait d'apprécier sa position sur l'image de l'échelle graduée à 1/10e de millimètre près; enfin, tout l'appareil était installé dans un sous-sol, à l'abri des trépidations, dont la température restait parfaitement constante au cours d'une mesure.

2. Dans un flacon jaugé de 150$^{cm^3}$, on introduisait une certaine masse de cristaux d'oxyhémoglobine hydratés et on complétait le volume avec une solution de ClK de concentration connue (1 à 5^g pour 100$^{cm^3}$, suivant les expériences); une pesée du flacon faisait connaître la masse de la solution de ClK introduite. Pour reproduire le milieu solvant, on introduisait dans le même flacon jaugé la même masse de solution de ClK et on complétait le volume avec de l'eau. L'évaporation à 100°, puis dans le vide sec, d'un volume connu de la solution d'oxyhémoglobine en présence de ClK fournissait un résidu sec dont la masse permettait de calculer la masse d'oxyhémoglobine sèche et sa concentration c rapportée à l'unité de volume de la solution.

Désignons par k_1 et ρ_1 le coefficient d'aimantation et la masse spécifiques de la solution de ClK constituant le milieu solvant, par k_2 et ρ_2 le coefficient d'aimantation et la masse spécifiques de la solution d'oxyhémoglobine dans ce milieu solvant et par k le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine dont la masse dans l'unité de volume de la solution est égale à c; l'application de la loi dite *des mélanges* fournit la relation

$$k_2\rho_2 = kc + k_1(\rho_2 - c). \tag{1}$$

La balance magnétique permet d'obtenir directement les susceptibilités magnétiques $\chi_1 = k_1\rho_1$ de la solution de ClK constituant le milieu solvant et $\chi_2 = k_2\rho_2$ de la solution d'oxyhémoglobine dans ce milieu solvant. Introduisant ces susceptibilités magnétiques χ_1 et χ_2 dans l'équation (1) il est facile d'en tirer le coefficient d'aimantation spécifique k de l'oxyhémoglobine

$$k = \frac{\chi_2 - \chi_1 \dfrac{\rho_2 - c}{\rho_1}}{c}.$$

3. Nous donnons ci-dessous les valeurs obtenues pour quatre échantillons différents d'oxyhémoglobine.

Oxyhémoglobines.	c.	Solvant.	k.
1. Cristaux brunis.........	0,0051	ClK 5 pour 100	$+0,32.10^{-6}$
2. Cristaux rubis..........	0,0250	» 1 »	+0,37 »
»	0,0551	» 5 »	+0,36 »
3. Gros cristaux...........	0,0081	» 2,5 »	+0,34 »
4. Petits cristaux..........	0,0110	» 2,5 »	+0,34 »

Les mesures sont délicates et ne comportent pas une grande précision, car pour la solution la plus concentrée la déviation lue sur la règle ne diffère que de quelques millimètres à peine de celle fournie par le milieu solvant; exemple : déviation pour une solution d'oxyhémoglobine $\Delta_2 = 117^{mm},7$, déviation pour le milieu solvant $\Delta_1 = 118^{mm},8$. En prenant la moyenne des cinq valeurs précédentes on obtient, pour le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine, la valeur approchée $k = +0,34.10^{-6}$.

4. En raison des propriétés physiologiques de l'oxyhémoglobine, nous avons examiné l'action de certains gaz : CO^2 et SH^2. Dans un tube à essais renfermant 15^{cm^3} de la solution d'oxyhémoglobine, on faisait barboter bulle à bulle le gaz à étudier ($\theta = 5°,8$). Nous donnons ci-dessous les valeurs obtenues pour le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine avant passage de tout gaz étranger (témoin) ou après barbotage pendant une minute de CO^2 ou de SH^2.

Solutions..........	Témoin.	CO^2.	SH^2.
k...........	$+0,32.10^{-6}$	$+0,58.10^{-6}$	$+1,04.10^{-6}$

Les expériences indiquent un accroissement très net du coefficient d'aimantation spécifique sous l'influence des gaz envisagés. Les solutions d'oxyhémoglobine soumises à l'action des courants gazeux précédents éprouvent rapidement des altérations se traduisant par un changement de couleur et par l'apparition d'un dépôt. Les mesures faites indiquent simplement que cette altération se manifeste tout d'abord par un accroissement du coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essais de quelques substances comme précurseurs de l'acide ascorbique.* Note de M. **Adamantios Lemos**, présentée par M. Paul Portier.

Divers auteurs ont envisagé la possibilité d'une transformation dans l'organisme de certaines substances glucidiques en acide ascorbique. Les résultats obtenus sont contradictoires, Guha et Glosh (1) concluant à une augmentation du taux en acide ascorbique des tissus après administration de glucose ou mannose, Von Euler, Cartz et Malumberg (2), Ammont et Grave (3), Mentzer et Mlle Urbain (4) ne constatant aucune modification de ce taux après absorption de glucides.

Nous avons repris cette étude en employant comme animal d'expérience la civelle (forme jeune de l'anguille succédant immédiatement au stade leptocéphale), facile à conserver dans un milieu liquide de composition connue.

Pour cela, dans des aquariums de 1 à 2l placés dans un sous-sol à une température maintenue aux environs de 18°, nous avons mis des solutions des diverses substances de concentrations différentes. Les substances utilisées sont les suivantes :

	Solutions.
Glucose, lactose, mannose............	1 à 2,5 pour 1000
Sorbite, sorbose, diacétone-sorbose, acide diacétone gulosonique................	0,1 à 0,5 »

Dans chaque expérience, nous avons mis un lot de dix civelles (longueur 7 à 8cm) et nous avons effectué des dosages d'acide ascorbique suivant la méthode au bleu de méthylène de Mentzer et Vialard-Goudou (5). La petite taille des animaux utilisés ne permettant pas d'opérer sur chacun des organes, nous avons effectué des dosages globaux sur la totalité du corps des animaux en expérience.

Dans chacun des lots de 10 civelles, 5 animaux sont sacrifiés le 3e jour

(1) *Current Sci.*, 2, 1934, p. 390; *ibid.*, 3, 1935, p. 251; *Nature*, 134, 1934, p. 739, *ibid.*, 135, 1935, p. 234.

(2) *Biochem. Zeitschr.*, 282, 1935, p. 399.

(3) *Zeitschr. Vitaminsforschung*, 5, 1936, p. 185.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 178, 1938, p. 270.

(5) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 707.

et les 5 autres le 6e jour. L'acide ascorbique est dosé dans le corps de chacun de ces animaux et un dosage témoin est effectué sur des civelles conservées dans l'eau pure, dans les mêmes conditions de température.

La teneur moyenne en acide ascorbique des civelles témoins est de $3^{mg},5$ pour 100^{g}. Les résultats obtenus avec les civelles maintenues dans les différentes solutions figurent dans le tableau suivant.

Moyenne des teneurs en acide ascorbique exprimées en milligrammes pour 100g de tissu.

	1 pour 1000.			2,5 pour 1000.	
	Glucose.	Lactose.	Mannose.	Glucose.	Lactose.
Après 3 jours.........	1,7	1,3	1,1	1,02	1,8
» 6 »	1,0	1,1	1,01	–	–

	0,1 pour 1000.			
	Sorbite.	Sorbose.	Diacétone sorbose.	Acide diacétone gulosonique.
Après 3 jours.........	3,1	2,7	4,59	3,7
» 6 »	2,8	3,9	4,67	3,6

	0,5 pour 1000.			
	Sorbite.	Sorbose.	Diacétone sorbose.	Acide diacétone gulosonique.
Après 3 jours.........	3,6	1,9	2,9	1,5
» 6 »	1,1	3,7	1,8	1,5

Ainsi qu'il ressort de l'examen de ce tableau, les substances étudiées (exception faite du diacétone sorbose) ne provoquent aucune augmentation de la teneur des civelles en acide ascorbique, mais, au contraire, un certain nombre d'entre elles provoquent une diminution nette. Les substances intermédiaires de la fabrication de l'acide ascorbique [sorbite, sorbose, acide diacétone gulosonique [6]] ne produisent pas de modifications sensibles du taux de l'acide ascorbique des civelles.

Seul le diacétone-sorbose en solution à 0,1 pour 1000 a provoqué en six jours une augmentation de l'acide ascorbique des civelles. Cette augmentation est de l'ordre de 33 pour 100. Mais, à la concentration de 0, 5 pour 1000, ce produit se comporte comme les autres substances étudiées et provoque une nette diminution de la teneur des civelles en acide ascorbique.

En résumé, les différents glucides et les produits intermédiaires de la fabrication de l'acide ascorbique, sauf le diacétone sorbose dans les condi-

tions où nous les avons employés, n'augmentent pas le taux de l'organisme de la civelle en acide ascorbique.

Il serait intéressant de reprendre des expériences du même ordre sur des lots importants d'animaux de différentes espèces, en utilisant des modes divers d'administration et des concentrations variées.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle de l'hypophyse dans le déterminisme du cycle génital femelle d'un Téléostéen,* Gobius paganellus *L.* Note de M. **Jean-Henri Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai décrit (¹) les effets de l'hypophysectomie sur le tractus génital ♂ et le comportement de *Gobius paganellus* L. ; je ne mentionnerai pas à nouveau, pour la femelle, les résultats concernant la pigmentation et la croissance, ainsi que les détails du contrôle expérimental, qui sont les mêmes dans les deux cas.

J'ai opéré deux lots de ♀ : un premier (10 ♀) entre le 5 et le 15 mai, avant la ponte ; un deuxième (20 ♀), entre le 18 juin et le 20 juillet, après la ponte : 1 individu est mort au 10ᵉ jour ; 1, sur 19 individus sacrifiés, s'est montré incomplètement hypophyséoprivé ; 10 restent actuellement en expérience.

Premier lot. — 8 ♀ opérées avec succès. 5 avaient été surveillées en aquarium un mois avant l'opération et n'avaient pas pondu ; 3, prises à la mer, avaient subi une laparatomie exploratrice et un fragment de leur ovaire *gauche*, prélevé et fixé, a fourni des coupes témoins de l'état des gonades au jour de l'opération ; l'ovaire *droit* intact a servi à l'étude histologique des résultats expérimentaux.

Deuxième lot. — 10 ♀ opérées avec succès. 7, surveillées en aquarium depuis trois mois, avaient frayé et les œufs pondus s'étaient parfaitement développés ; 3, prises à la mer, avaient subi la laparatomie exploratrice.

Au cours du cycle normal, les dimensions maxima des ovocytes varient de la façon suivante : juillet, après la ponte, 100 à 120$^{\mu}$; septembre, 130$^{\mu}$ (à cette taille, on peut distinguer, dans le cytoplasme ovocytaire, le début du développement d'une zone périphérique granuleuse à plaquettes vitellines, qui ira croissant en importance, jusqu'à la maturité) ; octobre, 170$^{\mu}$; février, 550$^{\mu}$, et, près de la ponte, mai, 600 à 630$^{\mu}$. Après juillet, les ovo-

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1452.

cytes, non pondus, sont rapidement et totalement résorbés par les éléments folliculeux.

Les opérés du premier lot, autopsiés après environ deux mois, le 21 juillet, ne montrent aucune réduction du volume des ovaires par rapport au volume initial, mais l'aspect macro-granuleux que donnent, en transparence, les ovocytes mûrs a fait place à un aspect laiteux uniforme. Les coupes histologiques montrent une dégénérescence atrétique avancée des gros ovocytes, tandis que les jeunes ovocytes, de moins de 60^{μ}, sont restés intacts; la comparaison avec les fragments prélevés lors de la laparatomie prouve que l'atrésie frappe uniquement les éléments mûrs et que les éléments jeunes se trouvent bloqués à un stade inférieur à 60^{μ}.

Les opérés du deuxième lot ont été autopsiés 62 et 86 jours après l'hypophysectomie, entre le 18 août et le 21 septembre. La taille des ovaires est inférieure à celle des ovaires des témoins normaux et les coupes histologiques montrent que le nombre des jeunes ovocytes y est inférieur à la normale, leur taille ne dépassant pas 60^{μ}, rarement 80^{μ}, dans aucun cas, leur aspect ne permet de distinguer un début de vitellogénèse (ce fait ne peut être imputé à une déficience nutritive des opérés qui, à l'autopsie, présentent d'abondantes réserves graisseuses).

Il semble donc que l'ablation hypophysaire entraîne, au delà d'un certain seuil (60^{μ}), la dégénérescence des ovocytes et bloque à ce même seuil la croissance des éléments jeunes.

L'action de l'hypophyse sur le tractus génital ♀ présente du reste d'autres particularités; au cours d'expériences d'implantation d'hypophyses fraîches, j'ai relevé les faits suivants : 15 jours avant la période de ponte normale, on peut déclencher une ponte par l'implantation intramusculaire dorsale, ou intrapéritonéale, de 10 à 15 hypophyses; on obtient le même effet par l'implantation intracranienne, sous-arachnoïdienne, de 2 hypophyses seulement. Ces observations laissent à penser qu'il peut y avoir, sinon une spécificité absolue, du moins une différence d'activité entre les sécrétions hypophysaires éliminées par voie hydrencéphalocrine et hémocrine.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés physico-chimiques de l'acide désoxycholique.* Note [1] de M. **Jean-Claude Vlès**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide désoxycholique $C^{24}H^{40}O^{4}$, constituant normal de la bile, a un intérêt biologique important du fait que son noyau stérolique le relie d'une part aux hormones sexuelles, et d'autre part aux carbures cancérigènes (méthylcholanthrène); aussi avons-nous entrepris une étude physico-chimique de ce corps.

Nous avons eu deux échantillons d'acide désoxycholique, l'un de Bœhringer (point de fusion entre 166° et 169°; pouvoir rotatoire dans l'alcool à 95°, $\alpha_D = +51°,9$), l'autre d'Hoffmann-Laroche (P. F. 166°; $\alpha_D = +51°,9$); ces chiffres sont un peu inférieurs aux chiffres classiques [2].

I. *Solubilité. Formation des gels.* — A la température ordinaire, l'acide désoxycholique est très peu soluble dans l'eau distillée, mais il le devient notablement par alcalinisation. En préparant à partir d'une solution alcaline une série de lots d'acide désoxycholique (2 pour 100) à des pH échelonnés entre 14 et 6, par addition d'acide chlorhydrique et de soude, on observe l'apparition d'une série de gels et de précipités; un gel limpide vers pH 7,5, se troublant pour des pH inférieurs, jusqu'à pH 6,5, et donnant au-dessous de cette valeur un précipité caillebоté. A pH 13,5 il se forme deux phases, la supérieure limpide, l'inférieure huileuse. La solution n'est donc stable et limpide qu'entre pH 8 et pH 13,5 (*fig.* 1). Ces gels et ces précipités sont tous réversibles. A titre de comparaison, on a essayé dans les mêmes conditions l'acide cholique : celui-ci n'a pas donné de gels, mais simplement, aux pH bas, un précipité blanc réversible.

II. *Courbes de coefficient-tampon.* — Les courbes de coefficient-tampon établies à l'électrode d'antimoine en différentiel, montrent une série de sommets à pH 6,60; 7,30; 9,40; 9,85; 10,4 (?); le pK du carboxyle est vraisemblablement dans le massif des deux premiers; il est possible que la cinétique de la gélification intervienne dans la réalisation de ceux-ci. Il y a en outre un profond minimum à 8,5, moyenne arithmétique des cinq

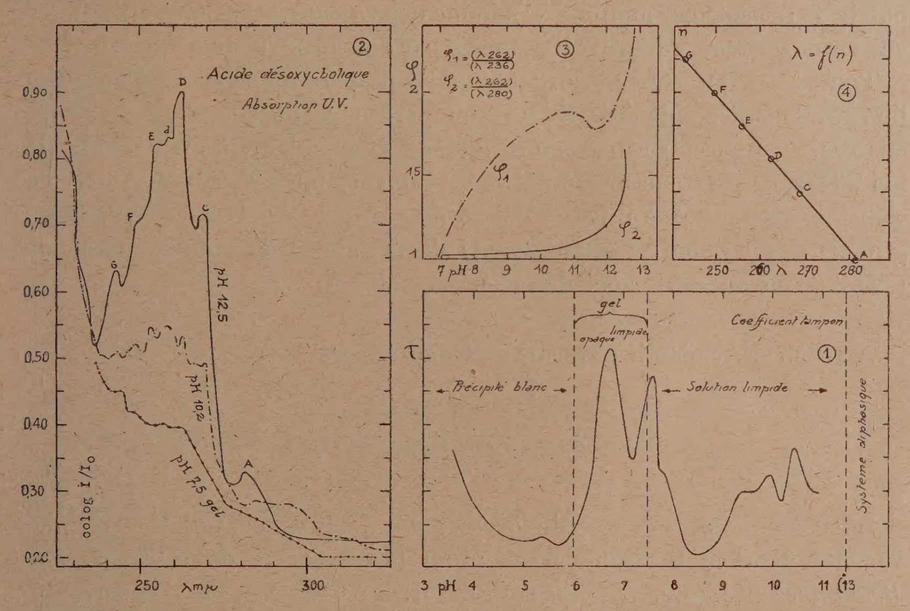
---

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) Fieser, *The Chemistry of Natural Products related to Phenantrene*, New-York, 1936; Abderhalden, *Biochemiches Handlexikon*, 3, p. 318, Berlin 1911; *International Critical Tables by the National Research Council*, 1, 1926, p. 270.

sommets précédents, et qui pourrait être interprétée à la manière d'un point isoélectrique (*fig.* 1).

III. *Spectres.* — Les courbes spectrophotométriques d'absorption ultraviolette, faites suivant une technique connue ([3]), montrent que l'acide désoxycholique a une zone d'absorption importante comprise entre $\lambda\, 237^{m\mu}$ et $\lambda\, 275^{m\mu}$, gros massif partiellement résoluble en un certain nombre



Acide désoxycholique. — Fig. 1, courbe de coefficient tampon; fig. 2, absorption ultraviolette à divers pH; fig. 3, rapports d'absorption φ; fig. 4, sériation des bandes étroites.

d'éléments étroits (*fig.* 2) : A, $281^{m\mu}$; C, 268,2; D, 261,8; E, 254,8; F, 248,5; G, 242,2; les bandes étroites répondent à une loi de série $\lambda = \lambda_0 + 6{,}5\, n$ (*fig.* 4). Cette structure spectrale est assez voisine de celle du méthylcholanthrène. En avant du massif de bandes étroites, vers les grands λ, existe un large plateau mal différencié. Les bandes étroites sont apparentes au maximum dans les pH élevés et s'amortissent très rapidement lorsque l'acide est reporté vers les pH bas. Le massif de bandes disparaît au moment de la formation du gel, où l'on n'a plus qu'une absorption progressive vers les courts λ. Au point de vue spectral, tout se passe comme si on avait un mélange en quantités variables d'une forme moléculaire à bandes étroites existant aux pH élevés, et d'une forme sans ces bandes aux pH

([3]) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, **11**, II, 1934, p. 77-110.

bas. L'étude du spectre par les rapports d'absorption montre pour certains d'entre eux $\{\varphi_1 = [\operatorname{colog}(I/I_0)\,\lambda_{262}]/[\operatorname{colog}(I/I_0)\,\lambda_{236}]\}$ une courbe en deux branches qui indique un système polyvalent (*fig.* 3).

Le spectre infrarouge, réalisé pour nous par M. Heintz, sur une mince couche de gel à la surface d'une lame de mica, présente des bandes à $\lambda = 3^{\mu},15$; $2^{\mu},9$; $2^{\mu},5$; $2^{\mu},3$; $2^{\mu},1$. Le calcul des pK électrolytiques à partir de trois de ces nombres ([4]) donne des valeurs (6,73; 7,37; 9,22), très voisines de certains des pK déterminés par la courbe de neutralisation.

Toutes ces données concordent pour indiquer que l'acide désoxycholique a, dans l'échelle des pH, un comportement plus compliqué que ne le laisserait supposer son caractère d'acide monovalent, qu'il possède des modifications de structure moléculaire dont les unes correspondent à des solutions stables, et d'autres à des formes en gel. Au point de vue biologique, il faut remarquer que les pH de la bile et du contenu duodénal (pH 8-6) encadrent la zone des gels.

A $15^{h}50^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Membres libres par le décès de M. *Paul Helbronner* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne............ M. **Gustave Roussy**.

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*........ MM. **Joseph Bethenod**, **Joseph Bougault**, **Justin Jolly**, **Paul Lévy**, **Albert Pérard**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^{h}30^{m}$.

E. P.

([4]) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 12, n°s 2-3, 1935, p. 57.